



SKRIPSI – TK141581

**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM
(*Pogostemon cablin* Benth) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *MICROWAVE HYDRODISTILLATION* DAN
*SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION***

Oleh :

**Mahmud Erfandi Syahputra
NRP. 2313 100 085**

**Defina Parasandi
NRP. 2313 100 087**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TK141581

**ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF PATCHOULI
LEAVES BY MICROWAVE HYDRODISTILLATION AND
SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION
METHODS**

Authors :

**Mahmud Erfandi Syahputra
NRP. 2313 100 085**

**Defina Parasandi
NRP. 2313 100 087**

**Academic Advisor :
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM (*Pogostemon cablin Benth*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MICROWAVE HYDRODISTILLATION* DAN *SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik
Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Mahmud Erfandi Syahputra

NRP 2313 100 085

Defina Parasandi

NRP 2313 100 087

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA. (Pembimbing 1)
2. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T. (Penguji I)
3. Ir. Ignatius Gunardi, M.T. (Penguji II)

Surabaya

Juli, 2017



**EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN NILAM
(*Pogostemon cablin* Benth) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE MICROWAVE HYDRODISTILLATION DAN
SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION**

Nama/NRP : 1. Mahmud Erfandi Syahputra
(2313.100.085)
2. Defina Parasandi
(2313.100.087)
Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Tanaman nilam merupakan salah satu tanaman menghasilkan minyak atsiri yang cukup penting sebagai komoditi ekspor Indonesia dan menyumbang devisa sekitar 60% dari total ekspor minyak atsiri nasional. Dan saat ini produksi minyak nilam (*Pogostemon cablin* Benth) masih sangat berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Umumnya, pengambilan minyak nilam masih menggunakan metode konvensional yaitu menggunakan *hydrodistillation*, *steam-hydrodistillation*, dan *steam distillation* yang membutuhkan waktu cukup lama untuk menghasilkan minyak dengan mutu yang bagus. Oleh karena itu saat ini telah dikembangkan metode untuk mengekstraksi minyak atsiri yang lebih efektif dan efisien salah satunya adalah metode *microwave-assisted extraction*. Dari beberapa metode *microwave-assisted extraction* tersebut, metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* merupakan metode yang masih potensial untuk digunakan mengekstraksi minyak nilam. Tujuan pada penelitian ini adalah membandingkan pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terhadap *yield* minyak nilam yang

dihasilkan serta menentukan kondisi operasi optimum pada proses ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* yang meliputi daya *microwave*, rasio bahan baku terhadap *volume solvent*, rasio bahan terhadap *volume distiller*, kondisi bahan, ukuran bahan, dan waktu ekstraksi. Selain itu, pada penelitian ini juga akan dibandingkan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dengan standar yang ada (SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002(E)).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi daun nilam segar dan kering. Pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dilakukan pada ukuran bahan baku utuh, setengah utuh (dipotong ukuran $\pm 50\%$ dari ukuran bahan baku utuh), dan cacah (dipotong hingga ukurannya $\leq 10\%$ dari ukuran bahan baku utuh, daya *microwave* 150 W, 300 W, 450 W, dan 600 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent* adalah 0,3, 0,4, 0,5, dan 0,6 g/ml, dan dengan waktu ekstraksi selama 180 menit. Pada ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan pada ukuran bahan baku utuh, setengah utuh (dipotong ukuran $\pm 50\%$ dari ukuran bahan baku utuh), dan cacah (dipotong hingga ukurannya $\leq 10\%$ dari ukuran bahan baku utuh, daya *microwave* 150 W, 300 W, 450 W, dan 600 W, rasio antara massa bahan baku terhadap *volume distiller* adalah 0,06, 0,08, 0,10, dan 0,12 g/ml, dan dengan waktu ekstraksi selama 90 menit.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* menghasilkan *yield* yang lebih besar jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi daun nilam segar dan kering dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan cacah, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* 0,3 g/ml. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi daun nilam segar

dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 300 W, ukuran bahan cacah, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller* 0,06 g/ml. Sedangkan kondisi operasi optimal untuk ekstraksi daun nilam kering dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan utuh, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller* 0,06 g/ml. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik dari minyak nilam menunjukkan bahwa minyak nilam yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* memiliki kualitas (berat jenis dan kelarutan) yang sama. Sedangkan pengujian terhadap sifat kimia dari minyak nilam menunjukkan bahwa kadar patchouli alcohol dari minyak nilam yang diperoleh dengan metode *solvent-free microwave extraction* lebih besar jika dibandingkan dengan yang diperoleh menggunakan metode *microwave hydrodistillation*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat fisik dan kimia, minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E)).

Kata kunci : *Pogostemon cablin* Benth, *microwave hydrodistillation*, *solvent-free microwave extraction*, minyak nilam

ESSENTIAL OIL EXTRACTION OF *Pogostemon cablin* Benth USING MICROWAVE HYDRODISTILLATION AND SOLVENT-FREE MICROWAVE EXTRACTION METHOD

Name/NRP : 1. Mahmud Erfandi Syahputra
(2313.100.085)
2. Defina Parasandi
(2313.100.087)
Department : Chemical Engineering FTI-ITS
Academic Advisor : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Patchouli plant is one of essential oil which important as Indonesia export commodity and contribute foreign exchange about 60% from total foreign exchange of essential oil. Production of patchouli oil that are still very potential to be developed in Indonesia. Generally, the distillation of essential oil from patchouli cablin benth still use conventional method such as hydrodistillation, steam-hydrodistillation, and steam distillation which takes a long time to produce essential oil with a good quality. Because of its, there was provided the method of essential oil extraction which more effective and efficient was microwave assisted extraction. From the methods of microwave assisted extraction, microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction method is potential method for patchouli oil extraction. The purpose of this research is to compare the yield from the method of microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction and to learn the optimal operating conditions for oil extraction Pogostemon cablin Benth by the method of microwave hydrodistillation and solvent-free

microwave extraction which includes the microwave power, the ratio to the volume of solvent, the ratio to the volume of distiller, the condition of material, the size of material and the time of extraction. Except of its, this research is to compare the quality from the method of microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction by standard of SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002(E).

Materials used in the study include fresh and dried patchouli leave. In the extraction with microwave hydrodistillation methods done on materials size was the whole leaves, half cut leaves, and chopped leaves, the microwave power 150, 300, 450, and 600 W, the ratio of raw material with a volume solvent was 0,3, 0,4, 0,5, dan 0,6 g/ml, and the extraction time for 180 minutes. In the extraction with solvent-free microwave extraction methods done on materials size was the whole leaves, half cut leaves, and chopped leaves, the microwave power 150, 300, 450, and 600 W, the ratio of raw material with a volume distiller was 0,06, 0,08, 0,10, dan 0,12 g/ml, and the extraction time for 90 minutes.

From the research results it can be seen that the extraction of patchouli oil using solvent-free microwave extraction method is produce yields higher when compared to the extraction is done with microwave hydrodistillation method. Optimal operating conditions for the extraction of fresh and dried patchouli leaves by using microwave hydrodistillation methods obtained when using microwave power 450 W, with chopped leaves, and the ratio of raw material with a volume solvent is 0,3 g/ml. Optimal operating conditions for the extraction of fresh patchouli leaves by using solvent-free microwave extraction methods obtained when using microwave power 300 W, with chopped leaves, and the ratio of raw material with a volume distiller is 0,06 g/ml. Optimal operating conditions for the extraction of dried patchouli leaves by using solvent-free microwave extraction methods obtained when using microwave power 450 W, with whole leaves, and the ratio of raw material

with a volume distiller is 0,06 g/ml. Test for physical properties of patchouli oil showed that the essential oil obtained by using the microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction methods have the same quality (density and solubility). While the test for the chemical properties of patchouli oil showed that the patchouli alcohol content obtained by solvent-free microwave extraction method has higher when compared with those obtained using the microwave hydrodistillation method. Test for physical and chemical properties of patchouli oil showed that the essential oil obtained by using the microwave hydrodistillation and solvent-free microwave extraction methods have compatible with SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E)).

Keywords : Pogostemon cablin Benth, microwave hydrodistillation, solvent-free microwave extraction, patchouli oil

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

**“EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI DAUN
NILAM (*Pogostemon cablin* Benth) DENGAN
MENGUNAKAN METODE MICROWAVE
HYDRODISTILLATION DAN SOLVENT-FREE
MICROWAVE EXTRACTION”**

Penulisan laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang S-1 untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Juwari, S.T, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
2. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, S.T, M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA., selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses, di Laboratorium Teknologi Proses atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
5. Orangtua dan keluarga kami atas segala kasih sayang dan pengertian yang telah diberikan.
6. Heri Septya Kusuma, S.Si., M.T. dan teman-teman Laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia dan rekan – rekan K-53 atas kebersamaannya.

7. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak, sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 5 Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Tanaman Nilam.....	5
II.2 Minyak Nilam	6
II.2.1 Standar Mutu Minyak Nilam	8
II.2.2 Kegunaan Minyak Nilam	9
II.3 Metode Ekstraksi Minyak Atsiri	10
II.4 Gelombang Mikro (<i>Microwave</i>)	13
II.5 Penyulingan dengan <i>Microwave (Microwave-Assited</i> <i>Extraction)</i>	15
II.6 Parameter Minyak Atsiri.....	18
II.7 Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian	21
III.2 Bahan dan Alat	21
III.2.1 Bahan Penelitian.....	21
III.2.2 Peralatan Penelitian	22
III.3 Prosedur Penelitian.....	24
III.3.1 Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i>	24
III.3.2 Metode <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i>	25

III.4 Diagram Alir Penelitian.....	26
III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian.....	28
III.5.1 Kondisi Operasi.....	28
III.5.2 Variabel Penelitian	28
III.6 Besaran Penelitian yang Diukur	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam	31
IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode <i>Microwave Hydrodistillation</i> dan <i>Solvent-Free Microwave Extraction</i>	33
IV.2.1 Pengaruh Kadar Air terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	33
IV.2.2 Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	40
IV.2.3 Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam	44
IV.2.4 Pengaruh Daya <i>Microwave</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	47
IV.2.5 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume <i>Solvent</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	54
IV.2.6 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume <i>Distiller</i> terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	60
IV.2.7 Pengaruh Ukuran Bahan Baku terhadap <i>Yield</i> Minyak Nilam.....	62
IV.3 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Nilam ..	66
IV.3.1 Hasil Analisa SEM Daun Nilam	68
IV.3.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Nilam	70
IV.4 Hasil Analisa Fiksatif	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	81
V.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Tanaman nilam.....	5
Gambar II.2	Struktur senyawa <i>patchouli alcohol</i>	8
Gambar II.3	Skema peralatan <i>hydrodistillation</i>	11
Gambar II.4	Skema peralatan <i>steam-distillation</i>	12
Gambar II.5	Skema peralatan <i>steam-hydrodistillation</i>	13
Gambar II.6	Skema peralatan <i>microwave-assited extraction</i>	15
Gambar II.7	Hasil uji SEM kulit jeruk yang diekstrak menggunakan metode MHD setelah 15 menit (A) dan SFME setelah 15 menit (B)	17
Gambar II.8	Skema dari transfer massa dan panas selama <i>microwave-assisted hydrodistillation</i> (MAHD) dan <i>solvent-free microwave extraction</i> (SFME) minyak atsiri dari kulit Citrus limon.	15
Gambar III.1	Skema peralatan metode <i>microwave hydrodistillation</i>	22
Gambar III.2	Skema peralatan metode <i>solvent-free microwave extraction</i>	23
Gambar III.3	Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i>	26
Gambar III.4	Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> ..	27
Gambar IV.1	Perbandingan waktu ekstraksi terhadap <i>yield</i> antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan utuh menggunakan (a) metode <i>microwave hydrodistillation</i> dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya <i>microwave</i> 450 W, (b) metode <i>solvent-free microwave extraction</i> dengan rasio	

	F/D 0,06 g/ml dan daya <i>microwave</i> : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering.....	37
Gambar IV.2	Perbandingan waktu ekstraksi terhadap <i>yield</i> antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan setengah utuh menggunakan (a) metode <i>microwave</i> <i>hydrodistillation</i> dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya <i>microwave</i> 450 W, (b) metode <i>solvent-free microwave</i> <i>extraction</i> dengan rasio F/D 0,06 g/ml dan daya <i>microwave</i> : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering.....	38
Gambar IV.3	Perbandingan waktu ekstraksi terhadap <i>yield</i> antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan cacah menggunakan (a) metode <i>microwave hydrodistillation</i> dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya <i>microwave</i> 450 W, (b) metode <i>solvent-free</i> <i>microwave extraction</i> dengan rasio F/D 0,06 g/ml dan daya <i>microwave</i> : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering.....	39
Gambar IV.4	Perbandingan waktu ekstraksi terhadap <i>yield</i> antara <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,3 g/ml dan daya <i>microwave</i> 450 W) dan <i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,06 g/ml dan daya <i>microwave</i> : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering) dengan ukuran bahan utuh pada (a) nilam segar, (b) nilam kering	41
Gambar IV.5	Perbandingan pengaruh waktu terhadap <i>yield</i> antara <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,3 g/ml dan daya <i>microwave</i> 450 W) dan	

	<i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,06 g/ml dan daya <i>microwave</i> : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering) dengan ukuran bahan utuh pada (a) nilam segar, (b) nilam kering46
Gambar IV.6	Profil waktu-suhu untuk berbagai daya <i>microwave</i> dengan bahan nilam kering berukuran utuh menggunakan metode : (a) <i>microwave hydrodistillation</i> (rasio F/S 0,3 g/ml) dan (b) <i>solvent-free microwave extraction</i> (rasio F/D 0,06 g/ml).....48
Gambar IV.7	Pengaruh daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dengan daya <i>microwave</i> 450W : (a) untuk daun utuh, rasio F/S 0,3 g/ml (b) untuk daun setengah utuh, rasio F/S 0,6 g/ml dan (c) untuk daun cacah, rasio F/S 0,3 g/ml52
Gambar IV.8	Pengaruh daya <i>microwave</i> terhadap <i>yield</i> minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> dengan daya <i>microwave</i> 300 W untuk bahan segar dan 450 W untuk daun kering: (a) untuk daun utuh, rasio F/D 0,06 g/ml (b) untuk daun setengah utuh, rasio F/D 0,10 g/ml dan (c) untuk daun cacah, rasio F/D 0,06 g/ml.....53
Gambar IV.9	Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan <i>volume solvent</i> terhadap <i>yield</i> minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i> daun nilam segar dan kering berukuran utuh dengan daya 450 W57
Gambar IV.10	Pengaruh rasio massa bahan baku dengan <i>volume distiller</i> terhadap <i>yield</i> menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i>

	untuk daun nilam segar, daya 300 W dan daun nilam kering, daya 450 W dengan bahan berukuran utuh.....	60
Gambar IV.11	Pengaruh ukuran bahan baku terhadap <i>yield</i> minyak nilam yang diperoleh dengan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dengan daya 450 W untuk : (a) daun nilam segar dan (b) daun nilam kering	63
Gambar IV.12	Pengaruh ukuran bahan baku terhadap <i>yield</i> menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> dengan daya <i>microwave</i> 300 W untuk daun nilam segar, rasio F/D 0,08 g/ml dan daun nilam kering, rasio F/D 0,06 g/ml.....	64
Gambar IV.13	Hasil SEM daun nilam sebelum ekstraksi dengan perbesaran 5.000 kali	68
Gambar IV.14	Hasil SEM daun nilam segar setelah diekstrak menggunakan metode <i>microwave hydrodistillation</i> dengan perbesaran 5.000 kali untuk (a) nilam segar (b) nilam kering	69
Gambar IV.15	Hasil SEM daun nilam segar setelah diekstrak menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> dengan perbesaran 5.000 kali untuk (a) nilam segar (b) nilam kering.....	69
Gambar IV.16	Perbandingan antara laju evaporasi dari parfum terhadap waktu pada parfum yang ditambahkan minyak nilam dan tanpa ditambahkan minyak nilam	79
Gambar IV.17	Perbandingan waktu fiksatif dari parfum terhadap waktu pada parfum yang ditambahkan minyak nilam dan tanpa ditambahkan minyak nilam	79

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Komposisi minyak nilam.....	7
Tabel II.2	Standar mutu minyak nilam menurut SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757:2002(E).....	9
Tabel II.3	Penelitian terdahulu.....	19
Tabel IV.1	Data kadar air bahan dan pengaruhnya terhadap massa bahan.....	35
Tabel IV.2	Nilai konstanta dielektrik (<i>dielectric constant</i>) (ϵ') untuk beberapa pelarut pada 2450 MHz dan temperatur kamar.....	56
Tabel IV.3	Hasil analisa properti fisik minyak nilam.....	67
Tabel IV.4	Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam metode <i>microwave</i> <i>hydrodistillation</i> , rasio 0,3 g/ml, daun utuh (berukuran 8,28±1,03 cm untuk daun nilam segar dan 4,66±1,41 cm untuk daun nilam kering), dan daya 450 W) berdasarkan analisa GC-MS	74
Tabel IV.5	Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam menggunakan metode <i>solvent-free microwave extraction</i> , rasio 0,3 g/mL, daun utuh (berukuran 8,28±1,03 cm untuk daun nilam segar dan 4,66±1,41 cm untuk daun nilam kering) berdasarkan analisa GC-MS	77
Tabel IV.6	Perbandingan antara laju evaporasi dan waktu fiksatif dengan dan tanpa ditambahkan minyak nilam.....	80

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya alam hayati yang sangat beragam. Indonesia menghasilkan 40–50 jenis tanaman penghasil minyak atsiri dari 80 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan di dunia dan baru sebagian dari jenis minyak atsiri tersebut yang memasuki pasar dunia, diantaranya nilam, sereh wangi, cengkeh, melati, kenanga, kayu putih, cendana, dan akar wangi (Dalimarta, 2000).

Tanaman nilam merupakan salah satu tanaman menghasilkan minyak atsiri yang cukup penting sebagai komoditi ekspor Indonesia dan menyumbang devisa sekitar 60% dari total ekspor minyak atsiri nasional. Indonesia merupakan pemasok minyak nilam terbesar dunia dengan kontribusi 90% (Anshory, 2009). Minyak nilam digunakan sebagai *fiksatif* (zat pengikat) dalam industri parfum dan merupakan salah satu campuran pembuatan produk kosmetika dan juga bermanfaat dalam pembuatan obat – obatan (Mangun, 2009).

Meskipun Indonesia merupakan penghasil minyak nilam terbesar, namun kualitasnya masih fluktuasi bahkan cenderung rendah. Hal ini terjadi karena kualitas bahan baku yang kurang bagus atau penggunaan alat ekstraksi dan teknologi proses yang kurang optimal (Ismuyanto, 2013). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi minyak atsiri ini antara lain: jenis tanaman, umur tanaman, waktu panen, perubahan bentuk daun, perlakuan pendahuluan sebelum ekstraksi dan juga teknik ekstraksi. Oleh karena itu teknologi ekstraksi minyak atsiri penting untuk dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan proses yang efisien dan produk yang berkualitas tinggi.

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam ekstraksi minyak atsiri yaitu *expression* (tekanan), distilasi, *solvent*

extraction, *maceration* dan *enfleurage*. Selama ini distilasi minyak nilam dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan air (*hydro distillation*), penyulingan dengan air dan uap (*steam-hydro distillation*), dan penyulingan dengan uap (*steam distillation*) (Ketaren, 1985).

Metode konvensional pada umumnya memiliki *yield* yang lebih kecil, membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan biaya yang besar. Hal ini didukung dari data penelitian yaitu pada ekstraksi minyak kemangi dengan metode *hydrodistillation* menggunakan 200 g bahan dengan pelarut air sebanyak 400 mL diperoleh *yield* sebanyak $0,95 \pm 0,08\%$ (v/w) selama 1 jam (Charles dan Simon, 1990).

Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan untuk menggunakan “*green technique*” baru dalam ekstraksi minyak atsiri dengan penggunaan energi, pelarut, dan waktu yang minimum. Sampai saat ini telah dikembangkan berbagai metode baru untuk mengekstrak minyak atsiri, salah satunya adalah dengan menggunakan *microwave* (*microwave-assisted extraction*).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstraksi dengan alat *microwave* merupakan alternatif yang bisa terus dikembangkan daripada metode konvensional, karena tingginya kadar kemurnian produk, minimnya pemakaian *solvent*, dan waktu proses yang singkat (Ferhat *et al.*, 2006). Beberapa ekstraksi dengan menggunakan *microwave* yang telah berhasil dikembangkan adalah metode *microwave hydrodistillation* yang merupakan kombinasi antara *hydrodistillation* dengan pemanasan menggunakan *microwave* (Stashenko *et al.*, 2004). Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu pada ekstraksi minyak atsiri dari *Ferulago angulata* menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan 50 g bahan dan 750 mL air pada daya *microwave* 650 W serta ekstraksi dilakukan selama 70 menit didapatkan *yield* sebesar 3,8%. Sedangkan untuk metode *hydrodistillation* dengan bahan sebanyak 100 g dan 1200 mL air serta ekstraksi dilakukan selama 3 jam didapatkan *yield* sebesar 1,7% (Asghari, *et al.*, 2012).

Pengembangan lanjutan dari metode *microwave hydrodistillation* ini berikutnya adalah metode *solvent-free microwave extraction*. Metode ini memiliki kelebihan dibandingkan metode-metode konvensional diantaranya memiliki laju ekstraksi yang lebih cepat, *yield*, dan juga kemurnian ekstrak yang lebih tinggi karena tidak membutuhkan pelarut sehingga tidak berkontak dengan bahan kimia. Berdasarkan uji GC/MS (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry*), metode *solvent-free microwave extraction* tidak mengubah komponen kimia yang ada dalam minyak atsiri, serta metode ini dapat dikategorikan sebagai *green technology* karena dapat mengurangi kebutuhan energi per mL dari ekstraksi minyak atsiri. Kelebihan ini didukung dari data pada pengambilan minyak atsiri dari kulit jeruk lemon yaitu dengan metode *hydrodistillation* dengan waktu ekstraksi selama 120 menit didapatkan *yield* sebesar $1,22 \pm 0,14\%$ w/w. Kemudian dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan sebanyak 50 g dan 450 mL air (rasio bahan/pelarut adalah 1:9) pada daya 1200 W serta waktu ekstraksi 15 menit didapatkan *yield* sebesar $1,18 \pm 0,08\%$ w/w. Sedangkan dengan metode SFME dengan waktu ekstraksi selama 15 menit dan daya *microwave* 1200 W didapatkan *yield* sebesar $1,36 \pm 0,06\%$ w/w (Golmakani and Moayyedi, 2015).

Atas dasar di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi minyak atsiri dari daun nilam dengan metode *microwave hidrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat diperoleh *yield* minyak nilam yang optimum dan didapatkan kualitas minyak nilam yang lebih baik.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terhadap *yield* minyak nilam yang dihasilkan?

2. Bagaimana kondisi operasi optimum untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terhadap kualitas minyak nilam yang dihasilkan?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini meliputi :

1. Membandingkan pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terhadap *yield* minyak nilam yang dihasilkan.
2. Menentukan kondisi operasi optimum untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.
3. Membandingkan pengaruh penggunaan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terhadap kualitas minyak nilam yang dihasilkan.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Memberikan informasi mengenai proses pengambilan minyak nilam yang efektif dan efisien dalam mendapatkan *yield* minyak nilam yang optimal serta mutu minyak nilam yang dapat diterima di pasaran. Sehingga diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang tertarik dalam bidang ekstraksi minyak atsiri.
2. Sebagai bahan referensi dan informasi bagi penulis selanjutnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti tentang pengambilan minyak dari daun nilam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tanaman Nilam

Nilam berasal dari daerah tropis Asia Tenggara terutama Indonesia dan Filipina, serta India, Amerika Selatan dan China (Grieve, 2003). Tanaman nilam jenis *Pogostemon cablin* yang berasal dari Filipina pertama kali dibawa oleh orang Belanda ke Indonesia, dan tanaman tersebut menjadi tanaman sela di perkebunan kopi di kaki gunung Pasaman Sumatera Barat. Setelah itu, tanaman ini menyebar ke daerah di sekitar Aceh sebagai tanaman sela di perkebunan tembakau dan kelapa sawit. Sejak tahun 1990, orang-orang Belanda mulai mendirikan unit-unit penyulingan untuk mengambil minyak dari tanaman tersebut.

Tanaman nilam termasuk famili *Lamiaceae* dan bentuk fisiknya seperti tanaman perdu, daunnya berwarna hijau kemerahan, baunya harum dan berbentuk bulat atau lonjong serta bercabang banyak, dengan tinggi pohonnya sekitar 60 cm dan batangnya tidak terlalu kokoh, sehingga akan rebah karena menyangga daun yang rimbun.

Tanaman nilam diklasifikasikan sebagai berikut :

Klasifikasi Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Solonales
Suku	: Labiateae
Marga	: Pogostemon



Gambar II.1 Tanaman nilam

Di Indonesia terdapat tiga jenis nilam, antara lain ;

1. Nilam Aceh (*Pogostemon Cablin Benth*)
Nilam Aceh merupakan tanaman standar ekspor yang direkomendasikan karena memiliki aroma khas dan rendemen minyak daun keringnya yang tinggi, antara 2,5-5% dibandingkan jenis lain. Nilam aceh sebenarnya jenis tanaman nilam dari Filipina yang kemudian ditanam dan dikembangkan di wilayah Indonesia, Malaysia, Madagaskar, dan Brazil. Tanaman ini memiliki daun agak membulat seperti jantung, terdapat bulu-bulu halus dibagian bawah sehingga warnanya nampak pucat, dan tidak berbunga.
2. Nilam Jawa (*Pogostemon Heynecnus Benth*)
Disebut juga dengan nilam hutan, yaitu berasal dari India dan tumbuh meliar dibeberapa hutan di pulau Jawa. Tanaman ini hanya memiliki minyak sekitar 0,5-1,5%. Tanaman ini memiliki daun yang berujung runcing, lembaran daun tipis dengan warna hijau tua, dan berbunga lebat.
3. Nilam Sabun (*Pogostemon Hortensis Backer Benth*)
Zaman dahulu, nilam ini digunakan untuk mencuci pakaian, terutama kain batik sehingga nilam ini disebut nilai sabun. Tanaman ini memiliki lembaran daun tipis, tidak berbulu, permukaan daun mengkilat, dan berwarna hijau. Tanaman ini memiliki kandungan minyak 0,5-1,5%. Komposisi kandungan minyak yang dimiliki dan dihasilkan tidak baik, sehingga minyak dari nilam ini tidak memperoleh pasaran. Nilam Jawa dan nilai sabun tidak direkomendasikan sebagai tanaman komersil.

II.2 Minyak Nilam

Minyak nilam tergolong dalam minyak atsiri atau minyak eteris, yaitu minyak yang mudah menguap dengan komposisi dan titik didih yang berbeda-beda (Guenther, 1987). Komponen utama dalam minyak nilam adalah *patchouli alcohol* (patchoulol).

Minyak diperoleh dari penyulingan uap terhadap daun keringnya. Pada umumnya, minyak nilam memiliki kadar *patchouli alcohol* tidak kurang dari 30% (Isfaroiny dan Mitarlis, 2005). Minyak nilam harus berwarna kuning jernih dan memiliki wangi khas dan sulit dihilangkan (Wandiatmoko dan Tamba, 2009). Minyak nilam terdiri dari campuran senyawa terpen yang bercampur dengan alkohol, aldehid, dan ester yang dapat memberikan aroma yang khas dan spesifik pada minyak nilam (Suhirman, 2009). Minyak nilam tidak menguap pada suhu kamar, hal ini karena komponen-komponen dalam minyak nilam memiliki titik didih yang tinggi seperti *patchouli alcohol*, *patchoulen* dan *nonpatchoulenol* yang berfungsi sebagai zat pengikat yang tidak dapat digantikan oleh zat sintetis. Dan umumnya minyak nilam larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air (Ketaren, 1985).

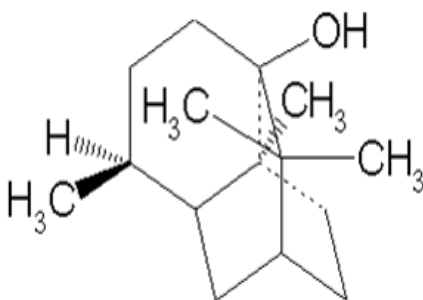
Patchouli alcohol merupakan senyawa utama penyusun minyak nilam yang termasuk golongan *oxygenated sesquiterpen*. *patchouli alcohol* tidak larut dalam air, melainkan larut dalam alkohol, eter atau pelarut organik lain yang mempunyai titik didih 280-288°C pada tekanan 760 mmHg. Kristal yang terbentuk mempunyai titik lebur 55-58°C. Komponen-komponen yang umum terkandung pada minyak nilam ditunjukkan pada Tabel II.1.

Tabel II.1 Komposisi minyak nilam (Suhirman, 2009)

Komponen	Kandungan (%)	Titik Didih (°C)	Berat Molekul
Patchouli alcohol	30	280,37	222,37
α -bulnesen	17	242,26	190,32
α -gualen	16	242,25	190,32
Seychellen	9	259,09	128,38
α -patchoulen	5	245,23	204,35
β -kariofelin	2,8	110,00	204,36
β -patchoulen	2	248,83	204,35
Pogostol	2	274,43	208,34

σ -kadinen	2	246,84	190,32
Norpatchoulenol	1	268,88	208,34
Kariofelin oksida	1	243,18	192,30
Nortetrapatchoulenol	0,001	268,88	208,34
Eugenol	-	253,00	164,30
Benzaldehid	-	178,00	106,15
Sinnamaldehyd	-	68-80	132,15

Patchouli alcohol disebut juga *patchouli camphor* atau oktahidro-4,8a,9,9-tetrametil-1,6-metanonaftalen, mempunyai berat molekul 222,36 dengan rumus molekul $C_{15}H_{26}O$ dan struktur *patchouli alcohol* dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Struktur senyawa *patchouli alcohol*

Bentuk negatif isomer optik dari *patchouli alcohol* merupakan senyawa organik yang mengakibatkan aroma khas minyak nilam. *Patchouli alcohol* juga dimanfaatkan dalam sintesis obat kemoterapi *Taxol*.

II.2.1 Standar Mutu Minyak Nilam

Parameter dalam menentukan kualitas minyak nilam dapat dilihat dari kadar *patchouli alcohol* yang terdapat dalam minyak nilam. Hal ini yang kemudian mengakibatkan mengapa *patchouli alcohol* disebut sebagai penciri utama dalam menentukan mutu minyak nilam (Santoso, 1990).

Tabel II.2. Standar mutu minyak nilam menurut SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002(E)

Karakteristik	Persyaratan	
	SNI 06-2385-2006	ISO 3757 : 2002 (E)
Warna	Kuning muda sampai coklat kemerahan	Kuning sampai coklat kemerahan
Berat Jenis	0,950-0,975 (25°C/25°C)	0,952-0,975 (20°C/20°C)
Indeks Bias 20°C	1,5070-1,5150	1,5050-1,5150
Putaran Optik	(-48°)-(-65°)	(-40°)-(-60°)
Kelarutan (dalam etanol)	Dalam etanol 90% larutan jernih, perbandingan 1:10	Dalam etanol 90% larutan jernih, perbandingan 1:10
Bilangan asam	Maksimal 8	Maksimal 4
Bilangan ester	Maksimal 20	Maksimal 10
Kadar <i>Patchouli alcohol</i>	Minimal 30%	27-35%

II.2.2 Kegunaan Minyak Nilam

Minyak nilam merupakan salah jenis minyak atsiri yang mempunyai fungsi dan kegunaan dalam industri aromaterapi dan farmasi, sehingga mempunyai nilai komersil yang menguntungkan. Manfaat dari minyak atsiri adalah sebagai berikut ;

- Bahan baku, bahan pencampur dan fiksatif (pengikat wangi – wangi) dalam industri parfum, farmasi dan kosmetik (Ketaren, 1985).
- Sebagai pewangi selendang, karpet dan barang-barang tenun (Rusli dan Hasanah, 1977).

II.3 Metode Ekstraksi Minyak Atsiri

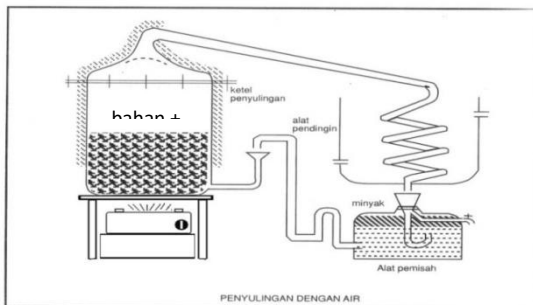
Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan dari bahan padat maupun cair dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Ekstraksi padat-cair atau leaching adalah transfer difusi komponen terlarut dari padatan inert ke dalam pelarutnya. Ekstrak dari bahan padat dapat dilakukan jika bahan yang diinginkan dapat larut dalam pelarut pengekstraksi. Ekstraksi tergantung dari beberapa faktor antara lain: ukuran partikel, jenis zat pelarut, temperatur, dan pengadukan. Ekstraksi termasuk proses pemisahan melalui dasar operasi difusi. Secara difusi, proses pemisahan terjadi karena adanya perpindahan solute, sebagai akibat adanya beda konsentrasi diantara dua fasa yang saling kontak. Perbedaan konsentrasi yang ada pada dua fasa disebut gradien konsentrasi. Difusi akan terus terjadi hingga seluruh partikel tersebar luas secara merata atau mencapai keadaan kesetimbangan dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak ada perbedaan konsentrasi. Pada ekstraksi solvent yang digunakan diharapkan dapat melarutkan solute dengan cukup baik, memiliki perbedaan titik didih dengan solute yang cukup besar, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan solute maupun diluen, murah, dan mudah diperoleh (Guenther, 1987).

Adapun istilah metode yang dikenal oleh akademisi maupun di industri yaitu terdapat beberapa macam metode, yaitu :

1. *Hydrodistillation*

Metode hidrodistilasi mempunyai keuntungan karena dapat mengekstrak minyak dari bahan yang berbentuk bubuk (akar, kulit, kayu dan sebagainya) dan beberapa bahan yang mudah menggumpal jika disuling dengan uap seperti jenis bunga-bunga (bunga mawar dan orange blossom). Pengolahan minyak atsiri dengan metode hidrodistilasi dikenal sebagai metode konvensional yang didasarkan pada prinsip bahwa campuran (uap minyak dan uap air) mempunyai titik didih sedikit lebih rendah dari titik didih uap air murni, sehingga campuran uap

mengandung minyak memiliki jumlah yang lebih besar. Dengan pengurangan kecepatan kohobasi, maka kandungan minyak dalam destilat akan lebih besar disebabkan oleh uap yang keluar akan lebih jenuh oleh uap minyak.

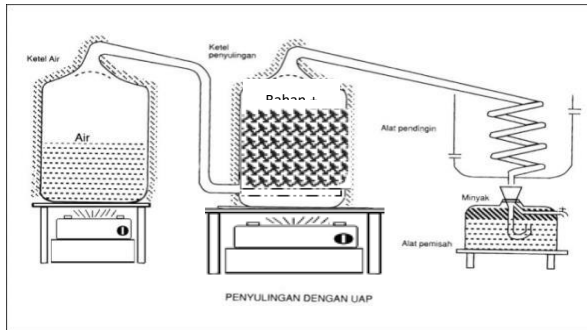


Gambar II.3 Skema peralatan *hydrodistillation*

Rendemen yang diperoleh dari metode hidrodistilasi sangat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain ukuran bahan, jumlah (rasio) bahan dan air yang digunakan, perlakuan pengadukan serta waktu proses (Djafar *et al.*, 2010). Bahan yang akan disuling dikontakkan langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari bobot jenis dan jumlah bahan yang disuling (Guenther, 1987).

2. *Steam Distillation*

Steam distillation atau penyulingan uap langsung dan prinsipnya sama dengan yang telah dibicarakan di atas, kecuali air tidak diisikan dalam ketel. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau uap kelewat panas pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan, dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan (Guenther, 1987). Kualitas produk minyak atsiri yang dihasilkan jauh lebih sempurna dibandingkan dengan kedua cara lainnya, sehingga harga jualnya pun jauh lebih tinggi.



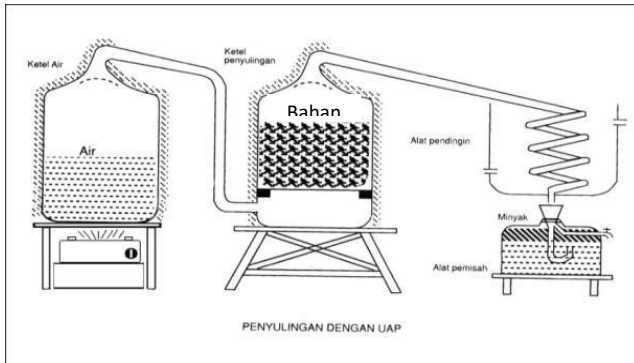
Gambar II.4 Skema peralatan *steam-distillation*

3. *Steam-Hydrodistillation*

Penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih maju dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik daripada metode distilasi air (*hydro distillation*). Pada proses penyulingan ini, bahan yang akan diolah diletakkan di atas rakrak atau saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara, yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah.

Ciri khas dari proses ini adalah sebagai berikut :

- a. Uap selalu dalam keadaan basah, jenuh dan tidak terlalu panas
- b. Bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas. (Guenther, 1987).



Gambar II.5 Skema peralatan *steam-hydrodistillation*

II.4 Gelombang Mikro (*Microwave*)

Gelombang mikro atau *microwave* adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency, SHF*), yaitu antara 300 Mhz – 300 Ghz. *Microwave* memiliki rentang panjang gelombang dari 1 mm hingga 1 m (Thostenson, 1999).

Pemanfaatan gelombang mikro sudah diaplikasikan secara luas dalam berbagai bidang ilmu. Dalam elektronika seperti radio, televisi. Dalam teknologi komunikasi seperti radar, satelit, pengukuran jarak jauh, dan untuk penelitian sifat – sifat material. Kapasitas panas dari radiasi gelombang mikro sebanding dengan properti dielektrik dari bahan dan sebaran muatan elektromagnetiknya (Santos, 2011).

Pemanasan pada *microwave* dikenal dengan pemanasan dielektrik *microwave*. Dielektrik adalah bahan isolator listrik yang dapat dikutubkan dengan cara menempatkan bahan dielektrik dalam medan listrik. Ketika bahan tersebut berada dalam medan listrik, muatan listrik yang terkandung di dalamnya tidak akan mengalir. Akibatnya tidak timbul arus seperti bahan konduktor, tetapi hanya bergeser sedikit dari posisi setimbangnya. Hal ini mengakibatkan terciptanya pengutuban dielektrik. Akibatnya muatan positif bergerak menuju kutub negatif medan listrik, sedang muatan negatif bergerak ke arah kutub positif. Hal

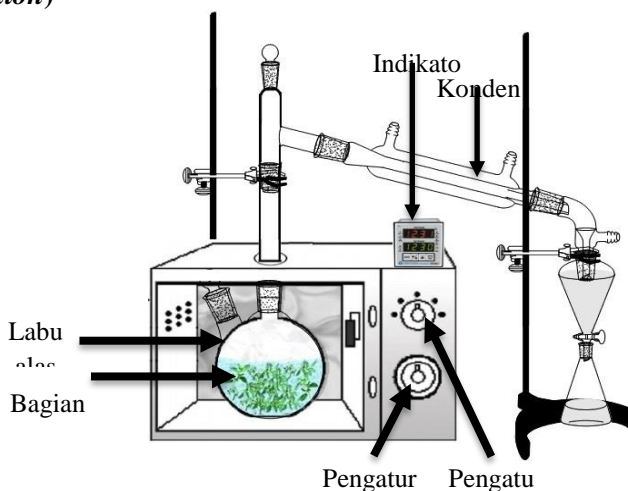
ini menyebabkan medan listrik internal yang menyebabkan jumlah medan listrik yang melingkupi bahan dielektrik menurun.

Dalam pendekatan teori tentang permodelan dielektrik, sebuah bahan terbuat dari atom-atom. Setiap atom terdiri dari elektron terikat dan meliputi titik bermuatan positif di tengahnya. Dengan adanya medan listrik disekeliling atom ini maka awan bermuatan negative tersebut berubah bentuk.

Mekanisme dasar pemanasan *microwave* melibatkan pengadukan molekul polar atau ion yang berosilasi karena pengaruh medan listrik dan magnet yang disebut polarisasi dipolar. Dengan adanya medan yang berosilasi, partikel akan beradaptasi dimana gerakan partikel tersebut dibatasi oleh gaya interaksi antar partikel dan tahanan listrik. Akibatnya partikel tersebut menghasilkan gerakan acak yang menghasilkan panas.

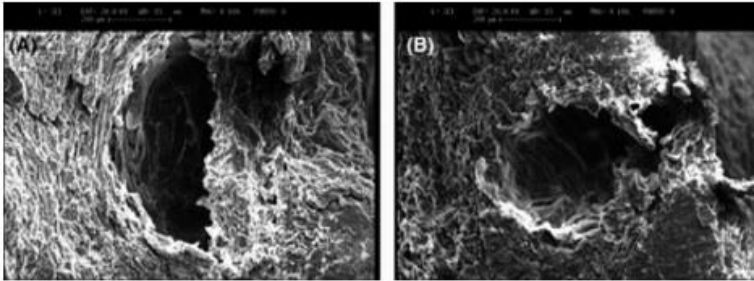
Keunggulan dalam pemilihan *microwave* sebagai media pemanas karena *microwave* bisa bekerja cepat dan efisien. Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2500MHz (2,5 GHz) ini diserap bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti oven biasa. Maka dari itu, prosesnya bisa dilakukan sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap oleh bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik.

II.5 Penyulingan dengan Microwave (*Microwave-Assited Extraction*)



Gambar II.6 Skema peralatan *microwave-assited extraction*

Pada penyulingan dengan *microwave*, bahan yang akan diekstrak ditempatkan di dalam labu yang terbuat dari gelas atau plastik dengan tujuan agar dapat ditembus oleh radiasi *microwave*. Ekstraksi dengan *microwave* memberikan perpindahan energi yang cepat kepada air (pelarut) maupun matriks pada bahan yang diekstrak, yang kemudian memanaskan air maupun matriks bahan tersebut. Perpindahan energi ini berlangsung secara efisien dan homogen. Peristiwa penyerapan energi *microwave* oleh air maupun matriks bahan menyebabkan pecahnya sel akibat internal superheating yang pada akhirnya akan memfasilitasi difusi kandungan kimia pada bahan keluar dari matriks. Peristiwa ini menimbulkan panas sehingga dinding sel akan pecah dan minyak atsiri di dalamnya dapat bebas keluar. Golmakani dan Moayyedi (2015) telah melakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada kulit jeruk yang telah diekstrak menggunakan bantuan *microwave*, yakni dengan metode MHD dan SFME. Hasil uji SEM tersebut dapat dilihat pada Gambar II.7

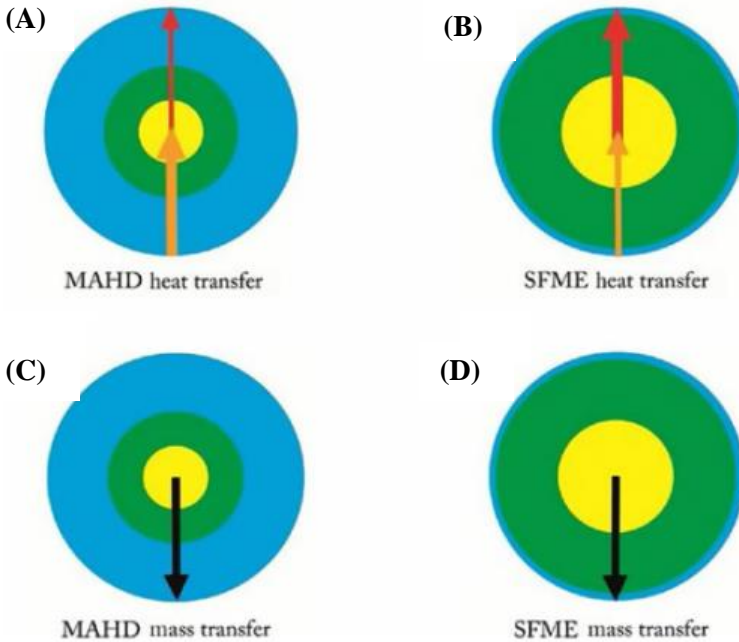


Gambar II.7 Hasil uji SEM kulit jeruk yang diekstrak menggunakan metode MHD setelah 15 menit (A) dan SFME setelah 15 menit (B)

Adanya kandungan air di dalam bahan tanaman dan juga adanya panas akibat menyerap energi elektromagnetik menyebabkan sebagian minyak atsiri akan larut dalam air yang terdapat dalam kelenjar tanaman. Campuran minyak dalam air kemudian akan berdifusi keluar dengan proses osmosis melalui selaput membran hingga nantinya sampai di permukaan bahan untuk selanjutnya akan menguap. Difusi minyak atsiri dan air yang melalui membran tanaman inilah yang disebut proses hidrodifusi. Minyak atsiri dan air akan menguap bersamaan berdasarkan prinsip distilasi campuran tak saling larut lalu di kondensasikan.

Metode *Microwave-Assited Extraction* (MAE) merupakan titik kunci pengembangan ekstraksi dengan menggunakan *microwave*. Dengan menggunakan *microwave* proses ekstraksi dapat dilakukan dengan cepat, karena dapat diselesaikan dengan hitungan menit bukan dalam hitungan jam seperti metode lainnya. Pengembangan metode ekstraksi dengan menggunakan *microwave* terus berlanjut. Hingga akhirnya ditemukan metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME) karena timbul kekhawatiran dampak pelarut pada lingkungan dan tubuh manusia. Metode SFME menggunakan prinsip kerja yang sama dengan metode MAE. Perbedaannya adalah pada metode SFME

bahan baku yang akan diekstraksi dimasukkan ke dalam labu distilasi tanpa menggunakan pelarut (Li *et al.*, 2013)



Gambar II.8 Skema dari transfer massa dan panas selama *microwave-assisted hydrodistillation* (MAHD) dan *solvent-free microwave extraction* (SFME) minyak atsiri dari kulit Citrus limon.

Menurut Golmakani dan Moayyedi (2015), mekanisme ekstraksi dari metode *microwave hidrodistillation* sebagian disebabkan oleh pemanasan internal dari air dalam bahan dengan penyinaran oleh *microwave* dari dalam menuju ke luar bahan (Gambar II.8 (C)) dan juga sebagian besar disebabkan oleh transfer panas dari luar menuju dalam (Gambar II.8 (A)). Pada SFME, transfer panas sebagian terjadi dari luar menuju ke dalam dan kebanyakan dari dalam menuju ke luar bahan (Gambar II.8

(B)), yang dipermudah dengan difusi minyak dari dalam bahan melalui *steam* dengan peningkatan *yield* yang disebabkan oleh kombinasi bersinergi dari dua transfer phenomena (massa dan panas), dilakukan dengan arah yang sama dari dalam menuju ke luar. SFME menghasilkan pemansan internal yang signifikan, maka menimbulkan tekanan internal yang lebih tinggi yang didukung dengan pecahnya dinding sel dan ekstraksi minyak dari bahan (Bayramoglu *et al.* 2008).

II.6 Parameter Minyak Atsiri

Beberapa parameter yang biasanya dijadikan standar untuk mengenali kualitas minyak atsiri meliputi:

1. Densitas

Densitas adalah perbandingan berat zat di udara pada suhu 25°C terhadap bobot air dengan volume dan suhu yang sama. Penentuan densitas merupakan salah satu kriteria penting dalam penentuan mutu dan kemurnian minyak atsiri (Guenther, 1987). Densitas sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen – komponen yang terkandung didalamnya. Semakin besar fraksi berat yang terkandung dalam minyak, maka semakin besar pula nilai densitasnya (Sastrohamidjojo, 2004).

2. Kelarutan Dalam Alkohol

Sesuai dengan pernyataan Guenther bahwa kelarutan minyak dalam alkohol ditentukan oleh jenis komponen kimia yang terkandung dalam minyak. Pada umumnya minyak atsiri yang mengandung persenyawaan terpen teroksigenasi lebih mudah larut daripada yang mengandung terpen tak teroksigenasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada alkohol (biasanya alkohol 90%) maka kualitas minyak atsirinya semakin baik (Sastrohamidjojo, 2004).

II.6 Penelitian Terdahulu

Tabel II.9 Penelitian terdahulu

Bahan yang diekstrak	Kondisi Operasi yang digunakan	Yield yang diperoleh	Referensi
<i>Thymus vulgaris</i> L. (thyme)	SFME: Pw = 500 W; t = 30 menit HD: S/F = 12; t = 4,5 jam; s = akuades	<i>Yield</i> = 0,160% <i>Yield</i> = 0,161%	Lucchesi <i>et al.</i> , 2004
Daun lemon	MHD: Pw = 500 W; S/F = 20; t = 10 menit; s = heksana HD: S/F = 40; t = 120 menit; s = heksana	<i>Yield</i> = 2,20% <i>Yield</i> = 1,98%	Bale dan Shinde, 2013
Kulit jeruk lemon	HD : t = 120 menit MHD : Pw = 1200 W; S/F = 9; t = 15 menit; s = akuades SFME Pw = 1200 W; S/F = 9; t = 15 menit; s = akuades	<i>Yield</i> = 1,22 ± 0,14% w/w <i>Yield</i> = 1,18 ± 0,08% w/w <i>Yield</i> = 1,36 ± 0,06% w/w	Golmakani and Moayyedi, 2015

<i>Pogostemon cablin</i>	HD: t = 360 min MHD: t = 120 min	<i>Yield</i> = 2,61% <i>Yield</i> = 2,72%	Kusuma dan Mahfud, 2016
<i>Pogostemon cablin</i>	HD: t = 360 min MHD: t = 60 min SFME: t = 42 min	<i>Yield</i> = 2,62% <i>Yield</i> = 2,18% <i>Yield</i> = 2,37%	Kusuma dan Mahfud, 2016

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Prinsip dari penelitian ini adalah mengekstrak minyak atsiri dari daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Kondisi operasi untuk metode ini adalah tekanan atmosferik.

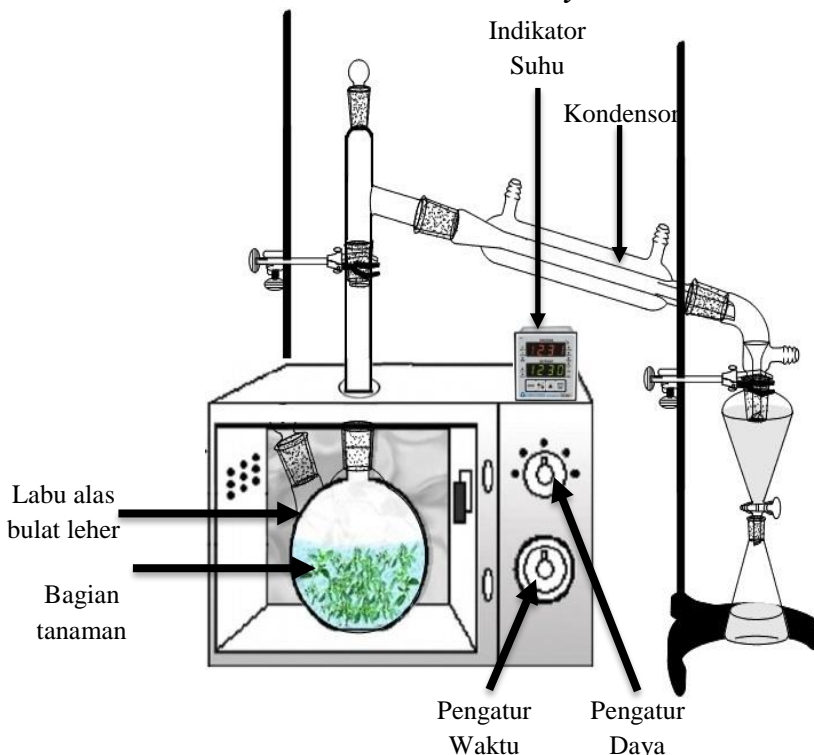
III.2 Bahan dan Alat

III.2.1 Bahan Penelitian

1. Daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth)
Daun nilam yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Trenggalek dalam bentuk daun segar dan daun yang telah dikeringkan.
2. Akuades
Akuades dalam penelitian ini digunakan sebagai solvent untuk metode *microwave hydrodistillation*. Sedangkan air yang digunakan pada kondensor untuk proses pendinginan adalah air PDAM.
3. Na_2SO_4 anhidrat
 Na_2SO_4 anhidrat dalam penelitian ini digunakan untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri.

III.2.2 Peralatan Penelitian

III.2.2.1 Peralatan untuk Metode *Microwave Hydrodistillation*



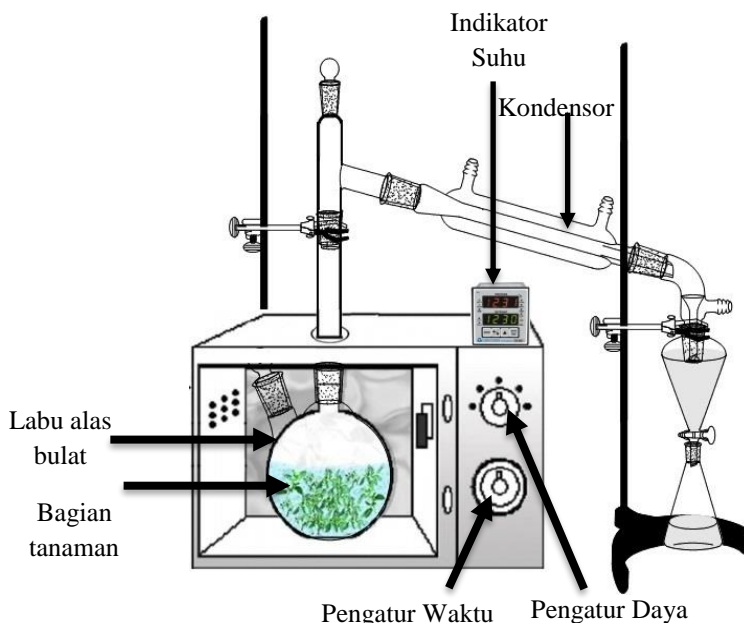
Gambar III.1. Skema peralatan metode *microwave hydrodistillation*

Deskripsi peralatan:

Skema peralatan untuk metode *microwave hydrodistillation* dapat dilihat pada Gambar III.1. Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex yang dilengkapi konektor *three way*, kondensor *liebig*, adaptor, dan corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher dua *Pyrex* dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya maksimum : 800 W
 - Tegangan 220 V, Daya 1250 W
 - Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)
 - Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm

III.2.2.1 Peralatan untuk Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*



Gambar III.2 Skema peralatan metode *solvent-free microwave extraction*

Deskripsi peralatan:

Skema peralatan untuk metode *solvent-free microwave extraction* dapat dilihat pada Gambar III.2 Peralatan utama terdiri dari *microwave* dan *distiller* yang terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex yang dilengkapi konektor *three way*, kondensor *liebig*, *adaptor*, dan corong pemisah. Spesifikasi peralatan utama adalah sebagai berikut:

- *Distiller* yang digunakan terbuat dari labu alas bulat leher dua Pyrex dengan ukuran 1 liter
- *Microwave* yang digunakan Electrolux model EMM-2007X dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Daya maksimum : 800 W
 - Tegangan 220 V, Daya 1250 W
 - Frekuensi Magnetron 2450 MHz (2,45 GHz)

Dimensi *Microwave*: Panjang = 46,1 cm, Lebar = 28,0 cm, dan Tinggi = 37,3 cm

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Metode *Microwave Hydrodistillation*

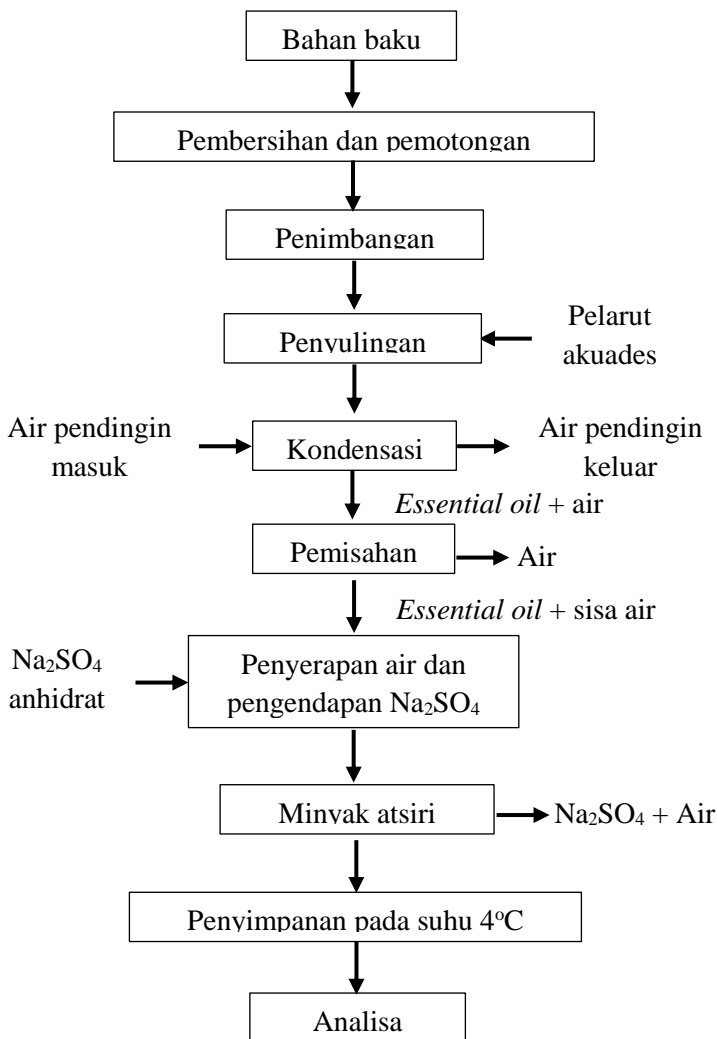
1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *solvent* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.1)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada *distiller* dan menambahkan pelarut (akuades) sebanyak 200 ml
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *liebig*)
5. Menyalakan *microwave* agar *distiller* yang telah terisi bahan baku dan pelarut mendapatkan paparan radiasi *microwave* sesuai kondisi operasi dan variabel penelitian
6. Menunggu sampai tetes pertama keluar dari *adaptor*
7. Menghitung waktu ekstraksi mulai tetes pertama keluar dari *adaptor*
8. Menghentikan proses ekstraksi setelah waktu yang telah ditentukan.

9. Memisahkan minyak dari air dengan menggunakan corong pemisah
10. Menambahkan Na_2SO_4 anhidrat untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Menyimpan minyak atsiri dalam botol vial pada temperatur 4°C
13. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

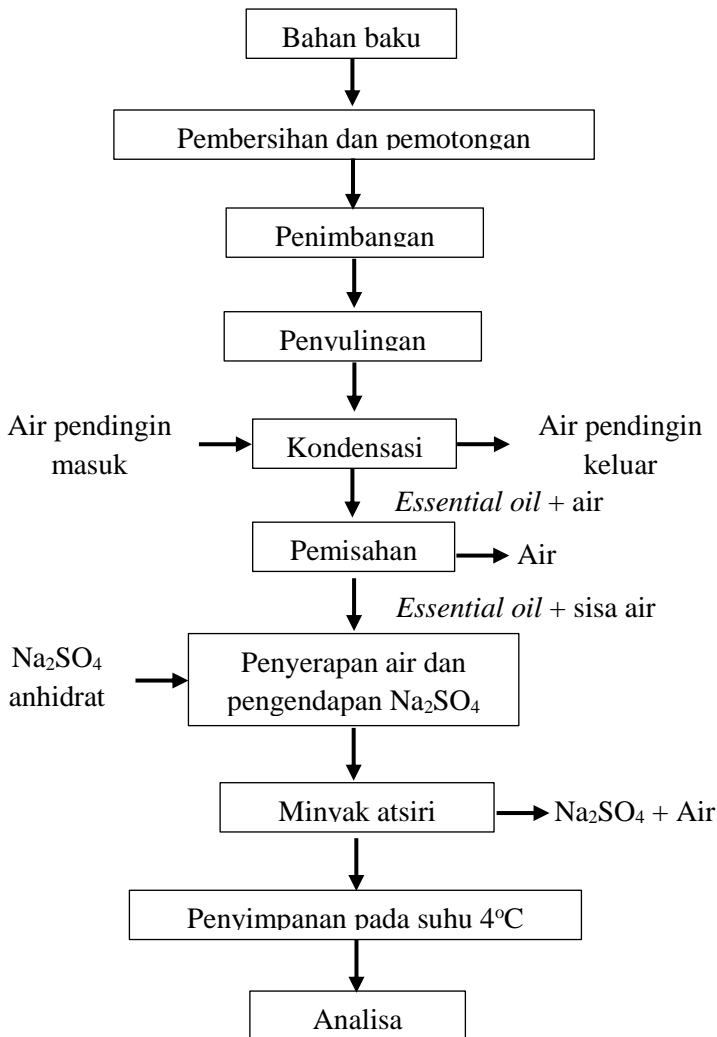
III.3.2 Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*

1. Menimbang bahan baku sesuai dengan rasio bahan baku terhadap *distiller* yang telah ditentukan
2. Melakukan instalasi alat ekstraksi (Gambar III.2)
3. Memasukkan bahan baku yang telah ditimbang pada tersebut pada *distiller*
4. Mengalirkan air pada sistem pendingin (kondensor *liebig*)
5. Menyalakan *microwave* dan mengatur daya *microwave* sesuai dengan variabel
6. Mencatat waktu ekstraksi mulai dari tetes pertama distilat keluar dari kondensor
7. Menampung distilat yang keluar dalam corong pemisah
8. Melakukan ekstraksi selama waktu yang telah ditentukan.
9. Memisahkan minyak dari air dengan menggunakan corong pemisah
10. Menambahkan Na_2SO_4 anhidrat untuk mengikat (menyerap) kandungan air yang masih terdapat dalam minyak atsiri
11. Menimbang minyak atsiri yang diperoleh dengan menggunakan neraca analitik
12. Menyimpan minyak atsiri dalam botol sampel pada temperatur 4°C
13. Melakukan analisa terhadap minyak atsiri yang dihasilkan

III.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.3 Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*



Gambar III.4 Diagram alir penelitian untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*

III.5 Kondisi Operasi dan Variabel Penelitian

III.5.1 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *microwave hydrodistillation* adalah sebagai berikut:

- a. Tekanan atmosferik
- b. Volume pelarut 200 ml

Kondisi operasi yang digunakan untuk metode *solvent-free microwave extraction* adalah pada tekanan atmosferik.

III.5.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Metode ekstraksi : *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.
- b. Daya *microwave* : 150 W, 300 W, 450 W, 600 W
- c. Rasio bahan baku terhadap *solvent* : 0,30; 0,40; 0,50; dan 0,60 g/ml.
- d. Rasio bahan baku terhadap *distiller* : 0,06; 0,08; 0,10; dan 0,12 g/ml.
- e. Kondisi bahan baku segar dan kering (kadar air $\pm 10\%$).
- f. Ukuran bahan baku : utuh, setengah utuh (dipotong ukuran $\pm 50\%$ dari ukuran bahan baku utuh), dan cacah (dipotong hingga ukurannya $\leq 10\%$ dari ukuran bahan baku utuh).
- g. Waktu ekstraksi untuk metode *microwave hydrodistillation* : 1, 2, dan 3 jam
- h. Waktu ekstraksi untuk metode *solvent-free microwave extraction*: 30, 60, dan 90 menit.
- i. Pengamatan dilakukan setiap 20 menit untuk metode *microwave hydrodistillation*
- j. Pengamatan dilakukan setiap 10 menit untuk metode *solvent-free microwave extraction*

III.6 Besaran Penelitian yang Diukur

Adapun beberapa besaran dan analisa yang dilakukan terhadap minyak nilam yang diperoleh antara lain:

1. Pengukuran *yield* minyak atsiri

$$Yield = \frac{\text{berat minyak atsiri yang dihasilkan}}{\text{berat bahan baku yang digunakan} \times (1 - \text{kadar air}(\%))} \times 100$$

2. Minyak nilam (*Patchouli oil*) dianalisa komposisinya dengan menggunakan GC-MS.
3. Daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth) sebelum dan sesudah diekstraksi dianalisa morfologi permukaannya dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).
4. Penetapan sifat fisik:
 - a. Analisa berat jenis dengan menggunakan piknometer
 - b. Analisa kelarutan dalam alkohol

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Proses Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam

Penelitian ekstraksi minyak atsiri dari daun nilam ini dilakukan dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Dalam metode ini, dilakukan refluks atau *recycle* air yang terkandung dalam bahan ke dalam labu *distiller* yang disebut kohobasi. Hal ini disebabkan karena apabila tidak ditambahkan atau dilakukan pengembalian air tersebut, maka bahan yang diekstrak akan lebih cepat terbakar. *Recycle* atau kohobasi ini juga bertujuan untuk menghindari kehilangan minyak yang masih terikut dalam destilat air sehingga bisa didapatkan *yield* minyak yang maksimal serta membantu proses ekstraksi minyak berlangsung secara kontinyu (Kusuma, 2016).

Pada ekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave hydrodistillation*, volume pelarut (akuades) yang digunakan adalah sebanyak 200 mL. Pemilihan volume pelarut (akuades) yang digunakan tersebut didasarkan atas kebutuhan pelarut untuk dapat merendam seluruh bahan yang akan diekstrak serta untuk menghindari terjadinya *bumping*. *Bumping* sendiri merupakan suatu fenomena yang terjadi karena meningkatnya tekanan pada *distiller* akibat dari naiknya temperatur pemanasan secara cepat selama proses radiasi *microwave* berlangsung sehingga melebihi stabilitas bahan (Eskillsson dan Bjourklund, 2000). Selain itu, tujuan dari pemilihan volume pelarut sebanyak 200 ml ini adalah untuk meminimalkan penggunaan pelarut. Pada penelitian Kusuma (2016), dilakukan ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* sebesar 0,05, 0,10, 0,15, dan 0,20 g/ml dan *volume solvent* sebesar 400 ml. Pada penelitian ini digunakan *volume solvent* yang lebih kecil daripada penelitian

sebelumnya. Dan hal ini menyebabkan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* yang lebih besar yaitu 0,3, 0,4, 0,5, dan 0,6 g/ml. Dengan rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* yang semakin besar, maka *volume solvent* yang digunakan akan semakin kecil sehingga akan meminimalkan penggunaan *solvent*. Maka, pada penelitian ini dipelajari tentang pengaruh rasio antara massa bahan baku terhadap *volume solvent*.

Selain pemilihan volume pelarut (akuades) yang digunakan, perlakuan terhadap bahan yang mengandung minyak merupakan salah satu hal yang juga perlu diperhatikan. Bahan baku yaitu daun nilam segar dan kering mendapat perlakuan yang berbeda-beda sesuai variabel ukuran, yaitu dibiarkan utuh (berukuran $8,28 \pm 1,03$ cm untuk daun nilam segar dan $4,66 \pm 1,41$ cm untuk daun nilam kering), dipotong menjadi dua bagian (berukuran $3,94 \pm 0,82$ cm untuk daun nilam segar dan $2,45 \pm 0,56$ cm untuk daun nilam kering), serta dicacah (berukuran $0,92 \pm 0,12$ cm untuk daun nilam segar dan $0,77 \pm 0,21$ cm untuk daun nilam kering). Pemotongan dilakukan karena minyak atsiri di dalam bahan dikelilingi oleh kelenjar minyak, pembuluh-pembuluh, kantong minyak atau rambut glandular, sehingga apabila bahan dibiarkan utuh, minyak atsiri hanya dapat terekstrak apabila uap air berhasil melalui jaringan tanaman dan mendesaknya ke permukaan. Proses ini hanya dapat terjadi karena peristiwa hidrodifusi, suatu fenomena yang penting artinya dalam proses ekstraksi minyak nilam. Proses difusi akan berlangsung sangat lambat apabila daun nilam dibiarkan dalam keadaan utuh. Hal ini disebabkan karena kecepatan minyak yang terekstrak ditentukan oleh kecepatan difusi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses pemotongan daun nilam. Hal ini dikarenakan proses pemotongan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987).

Pada metode *solvent-free microwave extraction*, ekstraksi dilakukan tanpa menggunakan pelarut. Dengan metode *solvent-free microwave extraction* pada variabel daun nilam kering, bahan direndam terlebih dahulu selama 30 menit sebelum dilakukan ekstraksi, dengan tujuan untuk menambah kandungan air pada bahan agar bahan tidak mudah terbakar. Pada metode *microwave hydrodistillation* dilakukan ekstraksi dengan menambahkan pelarut sebanyak 200 ml ke dalam labu *distiller*. Selain itu, pada metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*. Ekstraksi dengan waktu yang lebih singkat ini disebabkan oleh cepatnya kenaikan suhu saat ekstraksi pada metode *solvent-free microwave extraction* jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*. Cepatnya kenaikan suhu ini mengakibatkan kelenjar minyak lebih cepat terbuka (Golmakani, 2015).

Dalam penelitian ini juga dipelajari adanya pengaruh dari beberapa parameter pada ekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Dimana parameter yang berpengaruh terhadap *yield* dan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, meliputi daya *microwave*, lama waktu ekstraksi, kadar air bahan, rasio antara bahan baku dengan *volume solvent*, rasio antara bahan baku dengan *volume distiller*, dan ukuran bahan baku.

IV.2 Parameter yang Berpengaruh pada Ekstraksi Minyak Nilam dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*

IV.2.1 Pengaruh Kadar Air terhadap *Yield* Minyak Nilam

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Kadar air mempunyai pengaruh dan peranan yang besar terhadap mutu suatu produk yaitu *yield*

minyak nilam. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode termogravimetri (metode oven). Sampel yang akan dihitung kadar airnya ditimbang terlebih dahulu lalu dikeringkan pada oven suhu 100°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang. Selanjutnya dikeringkan lagi pada oven dengan suhu 100°C selama 1 jam, didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang hingga diperoleh massa yang konstan. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan massa sampel sebelum dikeringkan dan massa yang hilang setelah dikeringkan dikali 100% (Jolly and Hadlow, 2012).

Faktor kadar air digunakan untuk dapat membandingkan *yield* minyak ketika memiliki rasio bahan yang berbeda dan kondisi bahan yang berbeda. Pada penelitian ini menggunakan kondisi bahan yang berbeda yaitu segar dan kering, begitu juga dengan rasio massa bahan terhadap *volume solvent* (0,3; 0,4; 0,5; 0,6 g/mL) dan rasio massa bahan terhadap *volume distiller* (0,06; 0,08; 0,10; 0,12 g/mL). Sehingga ketika faktor kadar air tidak dimasukkan maka besarnya *yield* antara bahan segar dan kering tidak dapat dibandingkan. Oleh karena itu, perlu dimasukkannya faktor kadar air ($1-x$) dalam perhitungan *yield* minyak sehingga selanjutnya dapat dibandingkan. Pengaruh kadar air terhadap *yield* minyak dapat dirumuskan menjadi suatu persamaan sebagai berikut:

$$yield = \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan } (1 - x)} \times 100\%$$

Dimana: x = kadar air (%)

(Chen *et al.*, 2015)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini juga bervariasi yaitu daun nilam pada kondisi segar dan kondisi kering. Sehingga dalam menghitung *yield* minyak yang dihasilkan perlu diperhitungkan kadar air yang terkandung dalam bahan tersebut. Berikut ini disajikan tabel kadar air dari bahan yang

digunakan beserta massanya (tanpa dan dengan pengaruh kadar air):

Tabel IV.1 Data kadar air bahan dan pengaruhnya terhadap massa bahan

Kondisi Bahan	Kadar air (%)	Massa (m) (gram)	Massa dengan pengaruh kadar air $[m(1-x)]$ (gram)
Segar	$82,737 \pm 1,311$	60,133	$9,259 \pm 1,693$
Kering	$17,848 \pm 2,000$	60,052	$49,334 \pm 1,201$
Kering (setelah direndam)	$87,358 \pm 0,478$	397,476	$50,199 \pm 0,050$

Berdasarkan Tabel IV.1 tersebut, untuk daun nilam segar (kadar air = $82,737 \pm 1,311\%$) dengan massa 60,133 gram setelah dikeringkan massanya menjadi $9,259 \pm 1,693$ gram. Setelah dihitung dengan menambahkan faktor kadar air, diperoleh massa bahan yang hampir sama antara massa nilam kering dengan nilam kering yang telah direndam. Sebaliknya, massa nilam segar dengan menambahkan faktor kadar air ($82,737 \pm 1,311\%$) memiliki massa yang jauh lebih kecil ($9,259 \pm 1,693$ gram) daripada massa nilam kering dan kering (setelah direndam). Dimana pada penelitian ini, perhitungan kadar air menggunakan dasar *wet basis*, yaitu

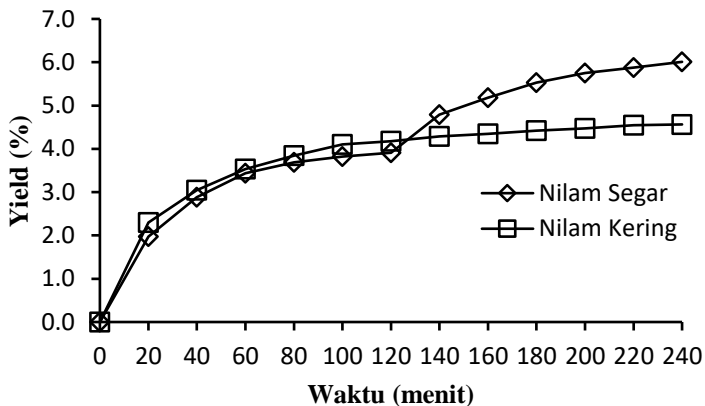
$$X = \frac{\text{massa air}}{\text{massa bahan basah}} \times 100\%$$

(Wilhelm, 2004)

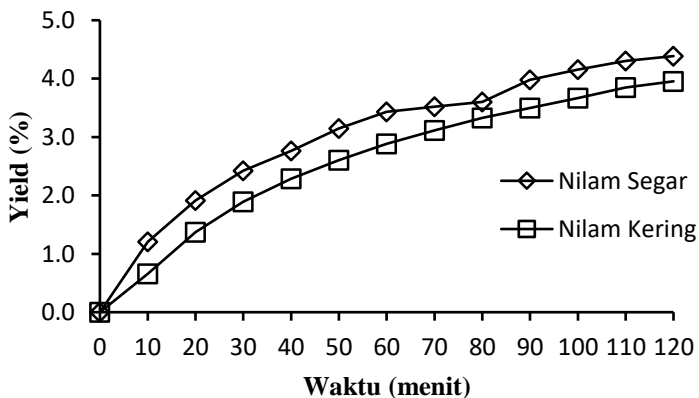
Pada penelitian ini, ekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave hydrodistillation* dari bahan segar menghasilkan *yield* yang hampir sama dengan bahan kering. Sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* dari bahan segar menghasilkan *yield* lebih besar dibandingkan dari kondisi bahan kering. *Yield* yang lebih besar ini disebabkan oleh pengaruh proses pengeringan pada bahan tersebut. Menurut

Ayyobi *et al.* (2014), proses pengeringan memiliki efek yang signifikan terhadap *yield* minyak atsiri. Proses pengeringan ini dapat menyebabkan beberapa komponen minyak atsiri menjadi menguap sehingga akan mengurangi *yield* dari minyak atsiri tersebut. Ada berbagai macam metode pengeringan di antaranya dengan sinar matahari, dimasukan oven dengan suhu tertentu, menggunakan *microwave* dengan daya tertentu, dibiarkan di tempat teduh, hingga pengeringan dengan cara *freeze-drying* (Pirbalouti *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini, digunakan pengeringan daun nilam dilakukan dengan dibiarkan di tempat teduh. Hal ini didasarkan oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Omidbeigi *et al.* (2004), yang menunjukkan bahwa pengeringan yang dilakukan di tempat teduh menghasilkan *yield* dan total phenol yang lebih tinggi dibandingkan metode pengeringan lain seperti pengeringan dengan oven dan di bawah sinar matahari. Dimana pengeringan menggunakan oven dengan suhu 60°C menghasilkan *yield* sebesar 21,61 ml.m² dengan total phenol sebesar 6,87 mg galic acid per 100 g. Pengeringan dibawah sinar matahari menghasilkan *yield* sebesar 22,40 ml.m² dengan total phenol sebesar 8,19 mg galic acid per 100 g. Pengeringan dengan dibiarkan di tempat teduh menghasilkan *yield* sebesar 28,44 ml.m² dengan total phenol sebesar 9,54 mg galic acid per 100 g. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa pengeringan dengan dibiarkan di tempat teduh menghasilkan *yield* dan total phenol yang lebih tinggi daripada metode pengeringan lain.

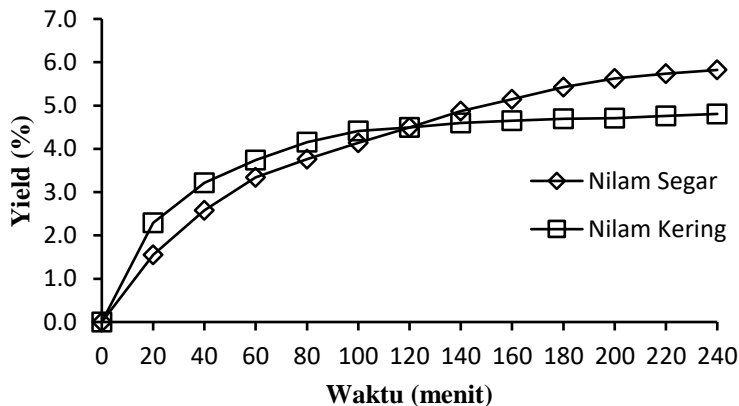


(a)

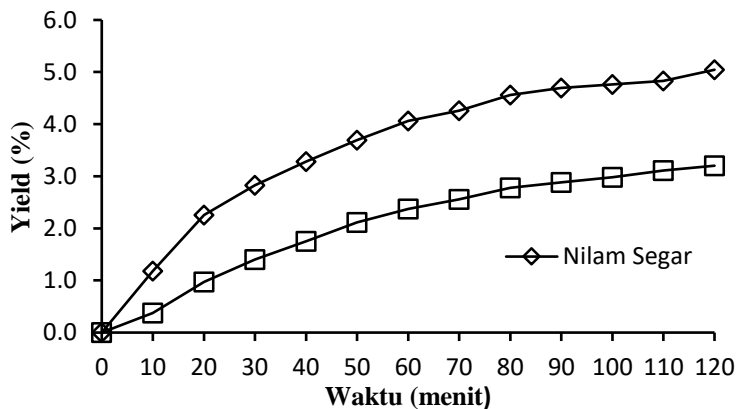


(b)

Gambar IV.1 Perbandingan waktu ekstraksi terhadap *yield* antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan utuh menggunakan (a) metode *microwave hydrodistillation* dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya *microwave* 450 W, (b) metode *solvent-free microwave extraction* dengan rasio F/D 0,06 g/ml dan daya *microwave* : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering

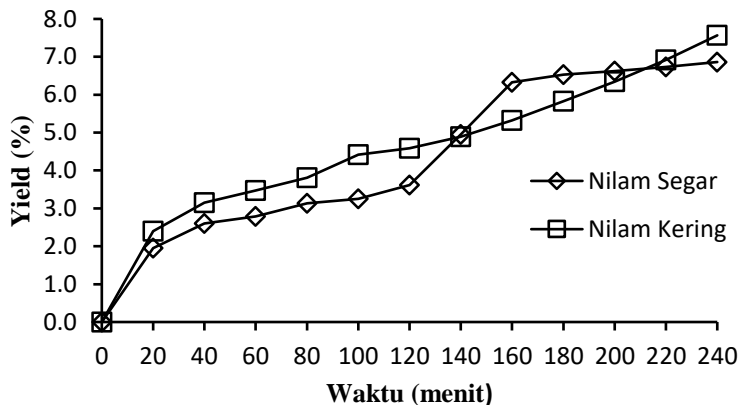


(a)

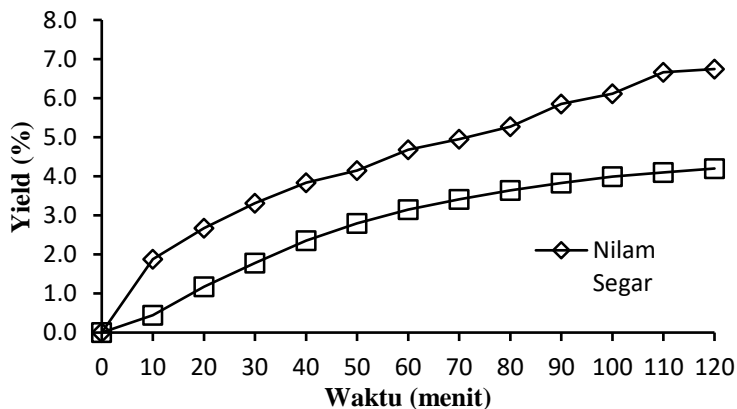


(b)

Gambar IV.2 Perbandingan waktu ekstraksi terhadap *yield* antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan setengah utuh menggunakan (a) metode *microwave hydrodistillation* dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya *microwave* 450 W, (b) metode *solvent-free microwave extraction* dengan rasio F/D 0,06 g/ml dan daya *microwave* : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering



(a)



(b)

Gambar IV.3 Perbandingan waktu ekstraksi terhadap *yield* antara nilam kering dan segar dengan ukuran bahan cacah menggunakan (a) metode *microwave hydrodistillation* dengan rasio F/S 0,3 g/ml dan daya *microwave* 450 W, (b) metode *solvent-free microwave extraction* dengan rasio F/D 0,06 g/ml dan daya *microwave* : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering

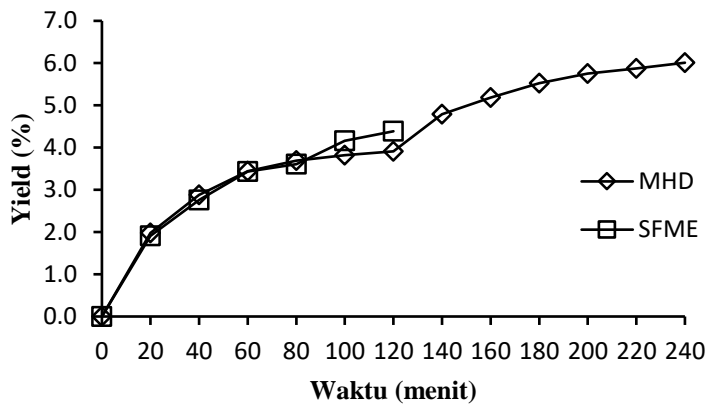
Selain karena proses pengeringan, penyebab lain *yield* hasil ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* dari bahan segar lebih besar daripada bahan kering yaitu adanya pengaruh dari kadar air yang terkandung dalam bahan dan jumlah air dalam *distiller*. Berdasar Gambar IV.1 (b), IV.2 (b), dan IV.3 (b) terlihat bahwa *yield* pada bahan segar lebih besar daripada bahan kering yang direndam. Hal tersebut dikarenakan ekstraksi dengan bahan segar memiliki jumlah air dalam *distiller* yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan bahan kering yang direndam selama 30 menit. Jumlah air dalam *distiller* dengan bahan segar sekitar 50 ml, sedangkan dengan bahan kering sekitar 350 ml. Dengan jumlah air dalam *distiller* yang kecil maka akan mempercepat kenaikan suhu. Dengan kenaikan suhu yang cepat ini, maka akan mempercepat terbukanya kelenjar minyak dan juga laju kenaikan *yield* akan lebih besar. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisa SEM pada subbab berikutnya.

Sedangkan pada metode *microwave hydrodistillation* digunakan pelarut dengan volume sebesar 200 ml untuk bahan segar dan kering, sehingga pada metode ini besarnya *yield* yang diperoleh juga dipengaruhi oleh besarnya massa bahan dengan pengaruh kadar air seperti pada tabel IV.1. Massa bahan dengan pengaruh kadar air pada bahan segar lebih besar daripada bahan kering. Hal inilah yang menyebabkan kelenjar minyak pada bahan segar lebih cepat terbuka atau pecah jika dibandingkan dengan bahan kering (dibuktikan dengan hasil analisa SEM pada subbab berikutnya) sehingga *yield* yang dihasilkan lebih besar seperti pada Gambar IV.1 (a), IV.2 (a), dan IV.3 (a).

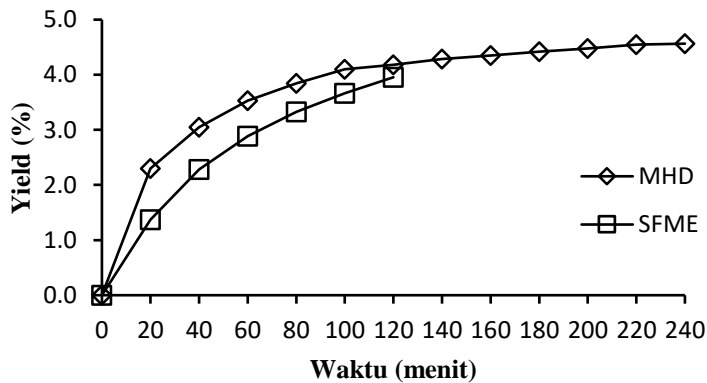
IV.2.2 Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Yield Minyak Nilam

Pada penelitian ini digunakan 2 metode ekstraksi yaitu metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*. Perbedaan dari kedua metode ekstraksi tersebut adalah pada ekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave hydrodistillation* digunakan *solvent* berupa akuades, sedangkan

untuk ekstraksi minyak nilam dengan metode *solvent-free microwave extraction* tidak dilakukan penambahan *solvent*.



(a)



(b)

Gambar IV.4 Perbandingan waktu ekstraksi terhadap *yield* antara *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,3 g/ml dan daya *microwave* 450 W) dan *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,06 g/ml dan daya *microwave* : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering) dengan ukuran bahan utuh pada (a) nilam segar, (b) nilam kering

Berdasarkan Gambar IV.4 (a) diketahui bahwa dengan waktu ekstraksi yang sama, *yield* dari bahan nilam segar pada metode *microwave hydrodistillation* hampir sama dengan metode *solvent-free microwave extraction*. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah air dalam *distiller* dan daya *microwave* yang digunakan. Pada metode *microwave hydrodistillation* dilakukan penambahan pelarut, sedangkan pada metode *solvent-free microwave extraction* tidak dilakukan penambahan pelarut. Sehingga jumlah air dalam *distiller* pada metode *solvent-free microwave extraction* lebih kecil daripada metode *microwave hydrodistillation*. Selain itu, pada metode *solvent-free microwave extraction* digunakan daya *microwave* yang lebih kecil yaitu 300 W jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan daya *microwave* 450 W. Jumlah air dalam *distiller* yang lebih kecil dan pemakaian daya *microwave* yang lebih kecil inilah yang menyebabkan *yield* ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* hampir sama dengan metode *microwave hydrodistillation*.

Berdasarkan Gambar IV.4 (b) ekstraksi dengan bahan kering diketahui bahwa *yield* pada metode *microwave hydrodistillation* lebih besar daripada metode *solvent-free microwave extraction*. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah air dalam *distiller* pada metode *microwave hydrodistillation* lebih kecil daripada metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan kering yang telah direndam. Jumlah air dalam *distiller* pada metode *microwave hydrodistillation* sekitar 210 ml sedangkan metode *solvent-free microwave extraction* sekitar 350 ml. Jumlah air dalam *distiller* yang lebih kecil menyebabkan kenaikan suhu lebih cepat sehingga kelenjar minyak lebih cepat terbuka dan dihasilkan *yield* yang lebih besar.

Yield yang diperoleh dari bahan utuh dengan metode *microwave hydrodistillation* sebesar 6,0090% untuk bahan segar dan 4,5639% untuk bahan kering. Sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* diperoleh *yield* sebesar 4,3862% untuk bahan segar dan 3,9545% untuk bahan kering.

Dari data tersebut diketahui bahwa *yield* yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dari bahan kering tidak signifikan jika dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction*. Maksud dari tidak signifikan ini adalah ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* seharusnya memiliki *yield* yang lebih besar 2 kali lipat daripada metode *solvent-free microwave extraction* karena waktu ekstraksinya yang lebih lama yaitu 240 menit. Begitu pula untuk ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dari bahan segar tidak signifikan jika dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction*. Maksud dari tidak signifikan ini adalah ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* seharusnya memiliki *yield* yang lebih besar 2 kali lipat daripada metode *solvent-free microwave extraction* karena waktu ekstraksinya yang lebih lama yaitu 240 menit dan menggunakan daya *microwave* yang lebih besar yaitu 450 W. Hal ini didukung dengan penelitian dari Kusuma dan Mahfud (2016) menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan nilam kering berukuran utuh dilakukan ekstraksi selama 60 menit didapatkan *yield* sebesar 2,18% dan dengan metode *solvent-free microwave extraction* dilakukan ekstraksi selama 42 menit didapatkan *yield* sebesar 2,37%. Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa dengan waktu yang lebih lama *yield* yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* lebih kecil jika dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan waktu yang lebih singkat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara umum *yield* yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* kurang signifikan apabila dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction*. Hal ini dikarenakan ekstraksi dengan metode *solvent-free microwave extraction* menghasilkan *yield* hampir sama atau sedikit lebih kecil dengan waktu yang lebih singkat.

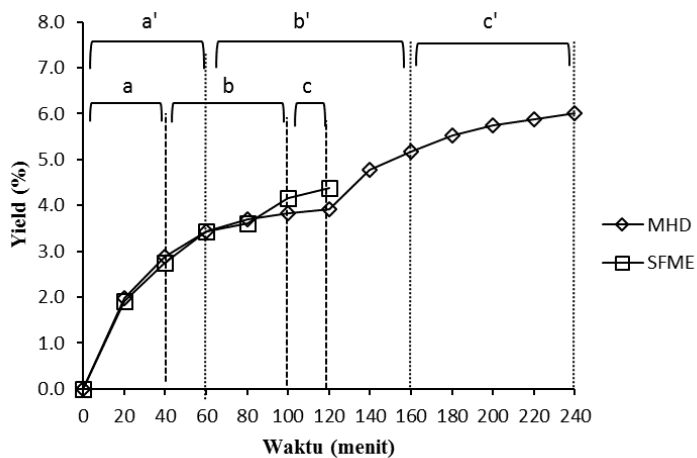
IV.2.3 Pengaruh Lama Waktu Ekstraksi terhadap Yield Minyak Nilam

Peningkatan *yield* minyak nilam akan terus terjadi seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi pada metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, karena pemanasan dengan menggunakan *microwave* bersifat selektif dan volumetrik. Pemanasan bersifat selektif dalam arti radiasi gelombang mikro bisa langsung menembus labu destilasi (*distiller*) yang bersifat transparan (meneruskan gelombang mikro), sehingga radiasinya bisa langsung diserap oleh bahan dan pelarut yang bersifat menyerap gelombang mikro. Sedangkan pemanasan bersifat volumetrik dalam arti terjadi pemanasan langsung pada keseluruhan volume bahan sehingga pemanasannya bisa seragam (merata) dan berlangsung lebih cepat. Hal inilah yang menyebabkan *yield* minyak nilam lebih cepat diperoleh apabila ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dibandingkan dengan ekstraksi yang dilakukan menggunakan metode konvensional.

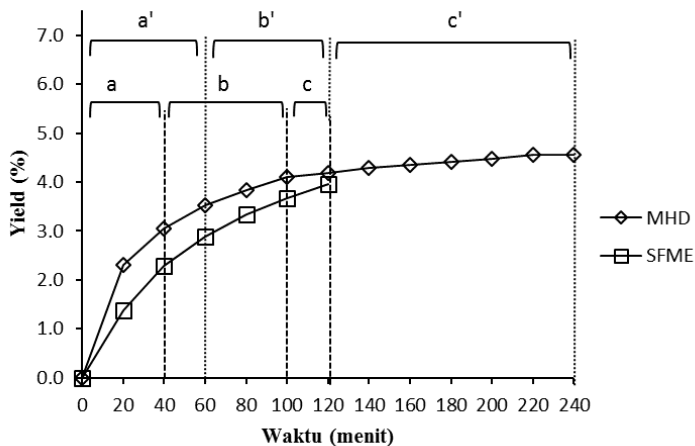
Secara umum, pada proses ekstraksi terdapat tiga tahap penting yaitu: fase ekuilibrium (*equilibrium phase*), fase transisi (*transition phase*), dan fase difusi (*diffusion phase*). Pada fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) ini terjadi perpindahan substrat yang terdapat pada lapisan luar dari matriks. Perpindahan substrat tersebut berlangsung dengan laju yang konstan. Kemudian, dilanjutkan dengan fase transisi (*transition phase*) dimana pada tahap ini terjadi perpindahan massa secara konveksi dan difusi. Dan pada fase yang terakhir yaitu fase difusi (*diffusion phase*) ini laju ekstraksi berjalan dengan lambat, yang dimana pada fase ini dikarakterkan dengan keluarnya ekstrak melalui mekanisme difusi. Pada proses ekstraksi, fase difusi (*diffusion phase*) ini sering dianggap sebagai tahap pembatas (*limiting step*) (Raynie, 2000).

Pada ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave*

extraction, waktu ekstraksi juga merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Secara umum dengan semakin lama waktu ekstraksi, maka *yield* yang diperoleh juga akan semakin besar. Akan tetapi dengan semakin lamanya waktu ekstraksi, maka peningkatan *yield* yang diperoleh menjadi semakin kecil (Wang *et al.*, 2008).



(a)



(b)

Keterangan :

$a = a'$ = fase ekuilibrium

$b = b'$ = fase transisi

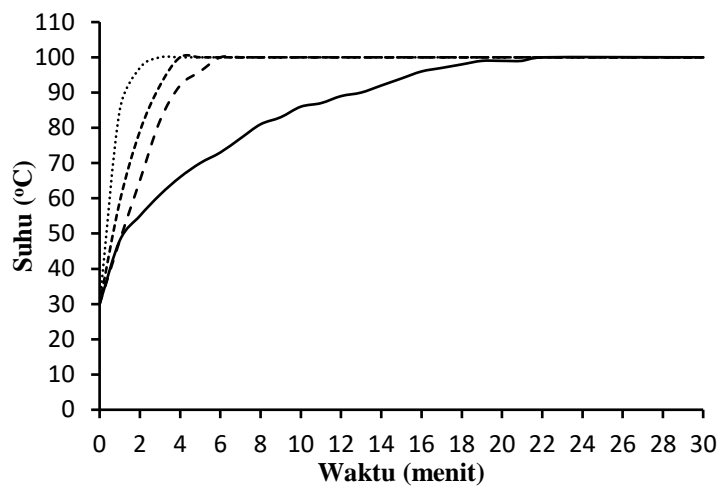
$c = c'$ = fase difusi

Gambar IV.5 Perbandingan pengaruh waktu terhadap *yield* antara *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,3 g/ml dan daya *microwave* 450 W) dan *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,06 g/ml dan daya *microwave* : 300 W untuk bahan segar; 450 W untuk bahan kering) dengan ukuran bahan utuh pada (a) nilam segar, (b) nilam kering

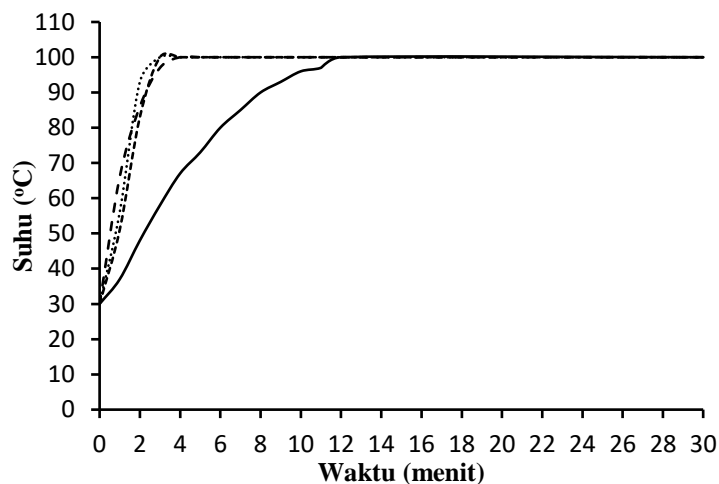
Hubungan antara waktu ekstraksi terhadap *yield* minyak nilam dapat dilihat pada Gambar IV.5. Berdasar Gambar IV.5 terlihat bahwa untuk bahan nilam segar dan kering, dengan metode *microwave hydrodistillation* terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fase ekuilibrium (*equilibrium phase*) lebih lama dibandingkan metode *solvent-free microwave extraction* yaitu 60 menit. Sedangkan pada metode *solvent-free microwave extraction*, dalam waktu 60 menit telah berada pada fase transisi.

IV.2.4 Pengaruh Daya *Microwave* terhadap *Yield* Minyak Nilam

Daya adalah banyaknya energi yang dihantarkan per satuan waktu (Joule/sekon). Daya dalam proses ekstraksi memiliki pengaruh terhadap *yield* minyak nilam yang dihasilkan. Telah diketahui bahwa daya dalam ekstraksi menggunakan *microwave* akan mengontrol besarnya energi yang akan diterima oleh bahan tanaman untuk dirubah menjadi energi panas. Energi panas inilah yang membantu proses keluarnya minyak atsiri dari bahan tanaman atau *sample*. Daya *microwave* yang digunakan dalam proses ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* sangat terkait dengan temperatur proses, dimana semakin besar daya yang digunakan maka temperatur sistem pada proses ekstraksi akan semakin cepat mencapai titik didih dari air. Air yang dimaksud pada kalimat sebelumnya berbeda untuk tiap variabel kondisi bahan. Pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* untuk bahan segar terdapat adanya pelarut dan air in-situ yang terdapat dalam daun nilam. Sedangkan untuk bahan kering hanya terdapat pelarut. Akan tetapi, untuk metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan segar terdapat air-situ dalam daun nilam. Sedangkan untuk bahan kering terdapat air hasil perendaman bahan selama 30 menit. Dimana air in-situ dalam daun nilam, air hasil perendaman bahan selama 30 menit dan pelarut ini akan dipanaskan dengan *microwave*. Dengan semakin cepatnya mencapai titik didih dari air inilah yang akhirnya menyebabkan meningkatnya perolehan *yield* minyak atsiri hingga mencapai kondisi *insignificant*. Selain itu pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, daya *microwave* juga berperan sebagai *driving force* untuk memecah struktur membran sel tanaman sehingga minyak dapat terdifusi keluar dan larut dalam pelarut. Sehingga penambahan daya *microwave* secara umum akan meningkatkan *yield* dan mempercepat waktu ekstraksi (Liang *et al.*, 2008).



(a)



(b)

Gambar IV.6 Profil waktu-suhu untuk berbagai daya *microwave* dengan bahan nilam kering berukuran utuh menggunakan metode

: (a) *microwave hydrodistillation* (rasio F/S 0,3 g/ml) dan (b) *solvent-free microwave extraction* (rasio F/D 0,06 g/ml)

Semakin besar daya *microwave* yang digunakan maka molekul-molekul polar dalam bahan ketika terpapar radiasi *microwave* akan mengalami rotasi yang semakin cepat (gerakan osilasi dan saling bertumbukan) dan menghasilkan energi kalor (panas) yang terdeteksi dari peningkatan temperatur. Dimana dengan semakin besarnya daya *microwave* yang digunakan maka energi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini dapat digambarkan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{E}{t} \text{ dimana } E = Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Sehingga dapat dilihat bahwa $P \approx E \approx \Delta T$ (daya sebanding dengan energi dan peningkatan temperatur). Untuk dapat lebih memahami hal tersebut, maka dapat dilihat dari profil waktu-temperatur untuk masing-masing daya yang digunakan dalam proses ekstraksi pada Gambar IV.10.

Kecepatan naiknya temperatur untuk masing-masing daya tersebut dapat diukur dengan cara menentukan *slope* dari bagian linier yang terdapat pada profil temperatur (Golmakani dan Moayyedi, 2015). Dari Gambar IV.6 dapat dilihat bahwa kenaikan temperatur untuk masing-masing daya yang digunakan dalam proses ekstraksi untuk metode *microwave hydrodistillation* adalah sebagai berikut:

- daya 150 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 2,1646 °C/min,
- daya 300 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 11,8929 °C/min,
- daya 450 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 17,3 °C/min, dan
- daya 600 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 22,2 °C/min.

Sedangkan untuk metode *solvent-free microwave extraction* adalah sebagai berikut:

- daya 150 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 2,327 °C/min,

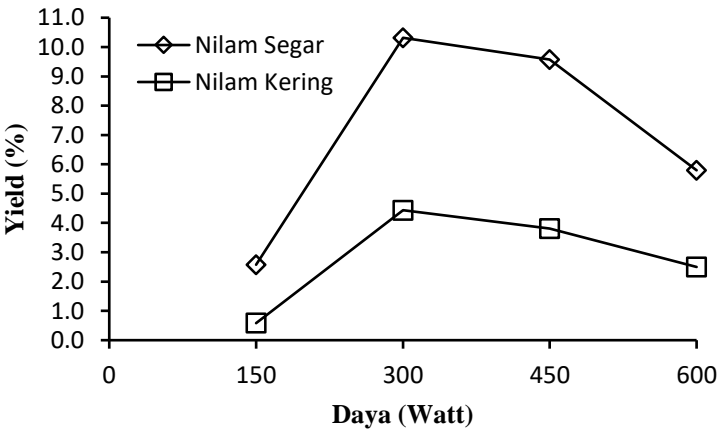
- daya 300 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 17,1 °C/min,
- daya 450 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 24,2 °C/min, dan
- daya 600 W terjadi kenaikan temperatur sebesar 24,7 °C/min.

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa laju kenaikan temperatur dengan metode *microwave hydrodistillation* lebih kecil daripada metode *solvent-free microwave extraction*. Hal ini terjadi karena banyaknya air (pelarut) yang terdapat pada metode *microwave hydrodistillation* jika dibandingkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* yang hanya terdapat air hasil perendaman selama 30 menit. Sehingga, semakin banyak air dalam *distiller*, maka semakin kecil laju kenaikan temperatur atau semakin lama air untuk mencapai titik didihnya.

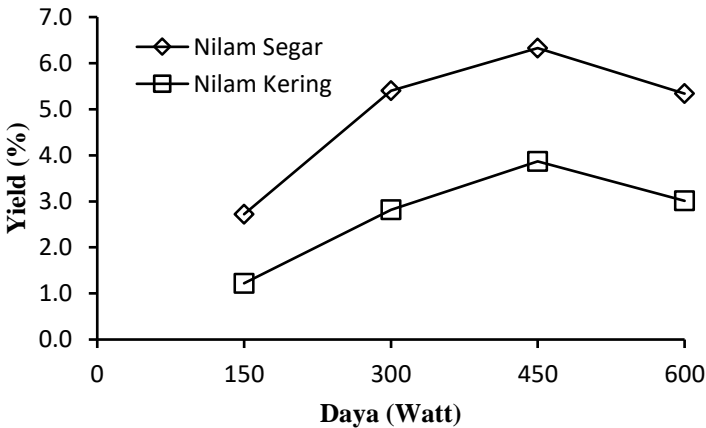
Pada Gambar IV.6 memperlihatkan pengukuran kenaikan suhu untuk berbagai daya *microwave* untuk bahan kering. Untuk mengetahui fenomena yang terjadi secara keseluruhan dapat dilihat berdasarkan pengukuran kadar air pada tiap variabel pada Tabel IV.1. Dari hasil perhitungan kadar air yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kadar air dari bahan kering yang telah direndam selama 30 menit sedikit lebih besar apabila dibandingkan dengan kadar air dari bahan segar. Oleh karena itu, seharusnya pada ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* menggunakan bahan segar akan lebih cepat mencapai titik didih dari air (pelarut dan/atau air in-situ) apabila dibandingkan dengan bahan kering.

Pada Gambar IV.6 ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave* yang paling cepat untuk mengalami kenaikan temperatur adalah 600 W. Namun, dalam proses ekstraksi yang menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* terdapat faktor karakteristik bahan yang mempengaruhi proses ekstraksi. Dengan adanya faktor karakteristik bahan tersebut, maka ketika menggunakan daya 600 W belum tentu *yield* yang dihasilkan adalah *yield* terbaik. Pada penelitian ini secara umum dapat dilihat bahwa daya *microwave*

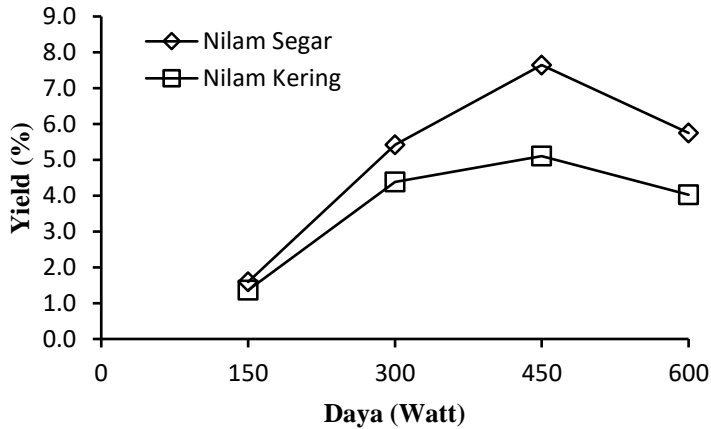
yang paling baik untuk menghasilkan *yield* minyak nilam yang optimum adalah 450 W.



(a)

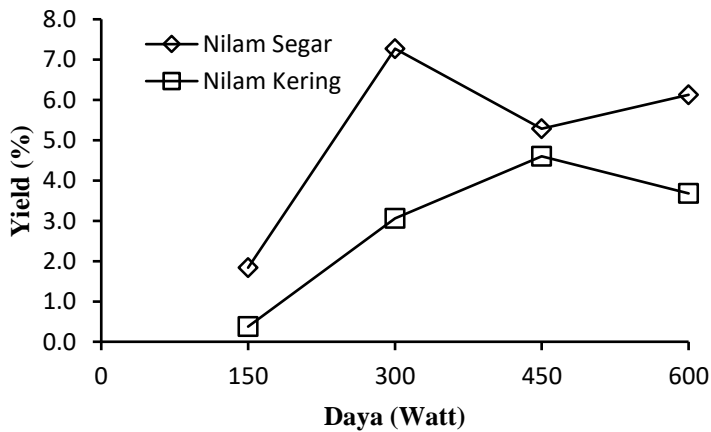


(b)

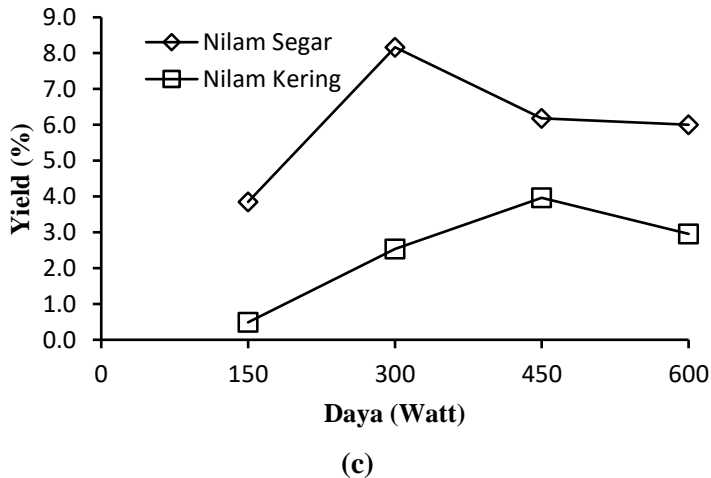
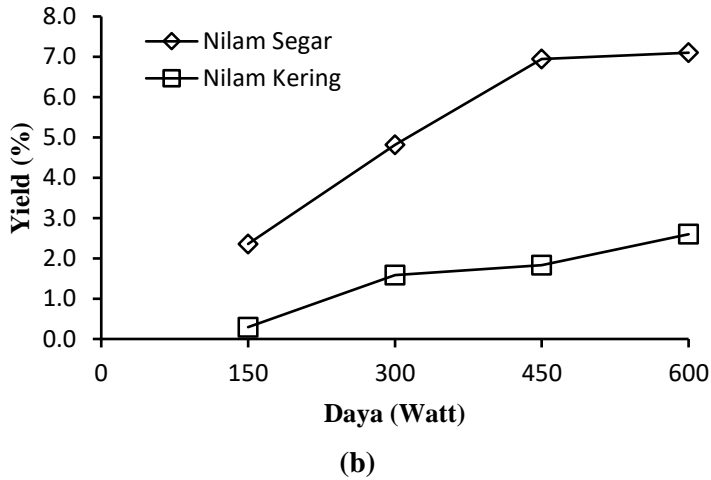


(c)

Gambar IV.7 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan daya *microwave* 450W : (a) untuk daun utuh, rasio F/S 0,3 g/ml (b) untuk daun setengah utuh, rasio F/S 0,6 g/ml dan (c) untuk daun cacah, rasio F/S 0,3 g/ml



(a)



Gambar IV.8 Pengaruh daya *microwave* terhadap *yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan daya *microwave* 300 W untuk bahan segar dan 450 W untuk daun kering: (a) untuk daun utuh,

rasio F/D 0,06 g/ml (b) untuk daun setengah utuh, rasio F/D 0,10 g/ml dan (c) untuk daun cacah, rasio F/D 0,06 g/ml

Berdasarkan Gambar IV.7 dan IV.8 di atas, terlihat bahwa secara garis besar terlihat bahwa ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, daya *microwave* yang paling efektif menghasilkan *yield* tertinggi yaitu pada daya 450 W. Berdasarkan Gambar IV.7 untuk bahan daun utuh *yield* tertinggi yaitu pada daya 300 W, sedangkan untuk ukuran daun setengah utuh dan cacah yaitu pada daya 450 W. Sedangkan untuk Gambar IV.8, untuk bahan segar *yield* tertinggi yaitu pada daya 300 W dan untuk bahan kering yaitu pada daya 450 W.

Akan tetapi dari Gambar IV.7 dan IV.8 secara umum juga dapat dilihat bahwa ekstraksi yang dilakukan pada daya 600 W dihasilkan *yield* yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan daya 300 W dan/atau 450 W. Salah satu faktor yang mungkin dapat menyebabkan berkurangnya atau menurunnya *yield* pada daya 600 W adalah terjadinya degradasi pada bahan dan komponen minyak atsiri. Hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Song *et al.* (2011). Dimana Song *et al.* (2011) telah melakukan ekstraksi menggunakan metode *microwave-assisted extraction* dari daun ubi jalar segar (*Ipomoea batatas*) berukuran cacah dengan rasio S/F sebesar 30 ml/g selama 90 detik diperoleh *recovery* sebesar 50,1% untuk daya *microwave* 450 W dan 49,8% untuk daya *microwave* 600 W. Dari data tersebut diketahui bahwa terjadi penurunan *recovery* karena digunakan daya *microwave* yang lebih besar yaitu 600 W. Dimana penggunaan daya *microwave* yang tinggi menyebabkan thermal degradasi dari phenol.

IV.2.5 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan Volume Solvent terhadap Yield Minyak Nilam

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi ekstraksi dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* adalah

pemilihan pelarut. Pemilihan pelarut yang sesuai dapat membuat proses ekstraksi berjalan lebih efisien. Dalam pemilihan pelarut ini sendiri juga tergantung pada beberapa hal seperti: kelarutan komponen yang akan diekstrak, kemampuan penetrasi dan interaksinya terhadap matriks dari sampel atau bahan, serta konstanta dielektrik (*dielectric constant*) (Chen *et al.*, 2008). Berbeda dengan ekstraksi menggunakan metode konvensional, pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* pemilihan pelarut merupakan hal yang penting untuk mendapat *yield* yang optimal. Hal ini disebabkan karena pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* pemilihan pelarut juga perlu mempertimbangkan kapasitas dari pelarut untuk menyerap energi *microwave* dan kemampuan pemanasannya (Routray dan Orsat, 2011; Eskillsson dan Bjourklund, 2000; Mandal *et al.*, 2007; Chan *et al.*, 2011).

Secara umum, kapasitas dari pelarut untuk menyerap energi *microwave* akan tinggi apabila pelarut yang digunakan memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang tinggi (Spigno dan De Faveri, 2009). Nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) sendiri menunjukkan kemampuan dari pelarut untuk dapat terpolarisasi oleh medan listrik eksternal dan dapat dianggap sebagai ukuran relatif dari densitas energi *microwave* (Raju, 2003). Selain itu, konstanta dielektrik (*dielectric constant*) juga berperan penting dalam menentukan interaksi antara medan listrik dengan matriks. Sehingga dengan semakin tinggi nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang dimiliki oleh pelarut, maka pelarut tersebut akan semakin baik dalam menyerap energi *microwave*. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan akuades sebagai pelarut. Pemilihan akuades sebagai pelarut pada penelitian ini juga didasarkan pada hal yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu akuades memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang tinggi. Dimana akuades memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) sebesar 80,4 (Metaxas, 1996). Apabila dibandingkan dengan beberapa pelarut lain seperti metanol, etanol, dan heksana,

maka akuades dapat dikatakan memiliki nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) yang lebih tinggi. Nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) untuk beberapa pelarut dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Nilai konstanta dielektrik (*dielectric constant*) (ϵ') untuk beberapa pelarut pada 2450 MHz dan temperatur kamar (Metaxas, 1996)

Pelarut	<i>Dielectric constant</i> (ϵ')
Akuades	80,4
DMSO ^a	45,0
DMF ^b	37,7
Etilen glikol	37,0
Metanol	32,6
Etanol	24,3
Kloroform	4,8
Toluena	2,4
Heksana	1,9

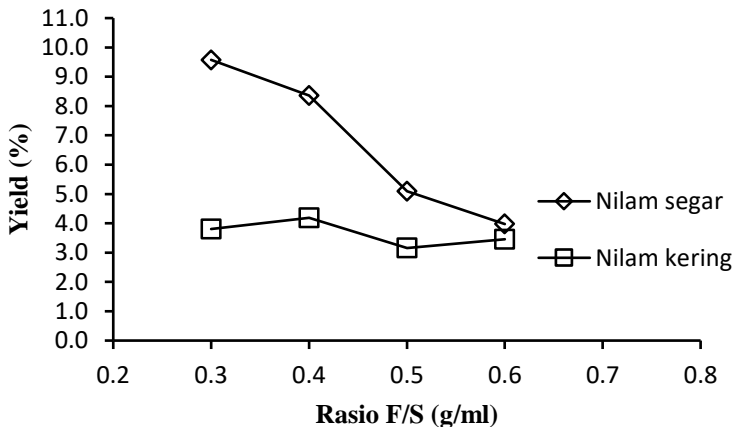
^aDMSO, dimethyl sulfoxide

^bDMF, dimethylformamide

Pembahasan mengenai rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas alat destilasi (*distiller*) ini bermanfaat nantinya untuk proses *scale up* alat, yang aplikasinya untuk menentukan perbandingan bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut dan kapasitas volume alat destilasi (ketel suling) yang dapat digunakan agar diperoleh *yield* yang maksimal. Mengingat salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya *yield* minyak atsiri seiring dengan semakin besarnya rasio antara bahan baku yang akan diekstrak dengan pelarut adalah faktor kepadatan bahan, yang merupakan rasio antara massa bahan dan kapasitas volume labu *distiller* yang digunakan. Faktor rasio ini terkait dengan seberapa padatnya (banyaknya) kondisi bahan baku yang dimasukkan dalam labu destilasi (*distiller*), sehingga

proses ekstraksi dan penguapan minyak bisa berjalan secara sempurna.

Rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* merupakan salah satu parameter penting yang perlu dioptimasi. Secara garis besar pada ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* menunjukkan bahwa semakin banyak bahan baku yang digunakan, maka massa minyak nilam yang diperoleh akan semakin meningkat. Namun banyaknya massa bahan baku dan besarnya minyak nilam yang didapat, tidak selalu berkorelasi positif dengan peningkatan *yield* minyak nilam yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena *yield* minyak nilam dipengaruhi oleh faktor rasio antara massa minyak nilam yang diperoleh dan massa bahan baku awal. Profil *yield* minyak nilam yang diperoleh terhadap rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* dari metode *microwave hydrodistillation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar IV.13.



Gambar IV.9 Pengaruh rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent* terhadap *yield* minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *microwave hydrodistillation* daun nilam segar dan kering berukuran utuh dengan daya 450 W

Berdasarkan Gambar IV.9 untuk bahan nilam segar berukuran utuh, semakin besar rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent*, maka semakin kecil *yield* yang diperoleh. Sedangkan untuk bahan nilam kering berukuran utuh, semakin besar rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent*, maka semakin kecil *yield* yang diperoleh, tetapi terjadi peningkatan *yield* dari rasio 0,5 g/ml menuju ke rasio 0,6 g/ml. Terjadinya peningkatan *yield* dari rasio 0,5 g/ml ke 0,6 g/ml. Hal ini terjadi karena massa minyak yang dihasilkan pada rasio massa bahan baku dengan *volume solvent* dari 0,6 g/ml lebih besar daripada rasio 0,5 g/ml. Massa minyak yang lebih besar ini menyebabkan peningkatan *yield* pada rasio 0,6 g/ml tetapi *yield* yang dihasilkan tidak lebih besar daripada rasio 0,3 g/ml dan 0,4 g/ml. Penyebab lain terjadinya peningkatan *yield* ini adalah penataan bahan dalam *distiller*. Dimana pada penelitian ini penataan bahan untuk rasio F/S 0,6 g/ml lebih teratur apabila dibandingkan dengan rasio 0,5 g/ml. Hal ini yang memungkinkan menyebabkan minyak nilam pada rasio 0,6 g/ml menjadi lebih mudah berdifusi sehingga *yield* yang diperoleh menjadi lebih besar apabila jika dibandingkan dengan rasio 0,5 g/ml. Hal ini didukung oleh penelitian Fachrudin dan Velayas (2016) dilakukan ekstraksi daun nilam kering berukuran utuh dengan metode *hydrodistillation* selama 12 jam dengan massa bahan 100, 200, 300, 400, dan 500 gram dengan *volume solvent* sebesar 10 liter. Seiring dengan peningkatan massa bahan atau rasio F/S, maka *yield* yang diperoleh semakin besar. *Yield* yang diperoleh yaitu sebesar 2,54% untuk massa bahan 100 gram, 2,60% untuk massa bahan 200 gram, 2,63% untuk massa bahan 300 gram, 3,04% untuk massa bahan 400 gram, dan 4,15% untuk massa bahan 500 gram. Dimana pada penelitian yang telah dilakukan oleh Fachrudin dan Velayas (2016) tersebut fenomena kenaikan *yield* seiring dengan bertambahnya massa bahan atau rasio F/S disebabkan karena penataan bahannya lebih teratur dan bahan tersebar merata di dalam *distiller*, sehingga tidak menghambat laju penyulingan dan ruang gerak ketika proses penguapan

berlangsung. Sedangkan pada penelitian ini, kenaikan *yield* pada rasio F/S 0,6 g/ml lebih besar daripada rasio F/S 0,5 g/ml mungkin disebabkan karena penataan bahan pada rasio F/S 0,6 g/ml lebih teratur dan tersebar merata dalam *distiller* jika dibandingkan dengan rasio F/S 0,5 g/ml.

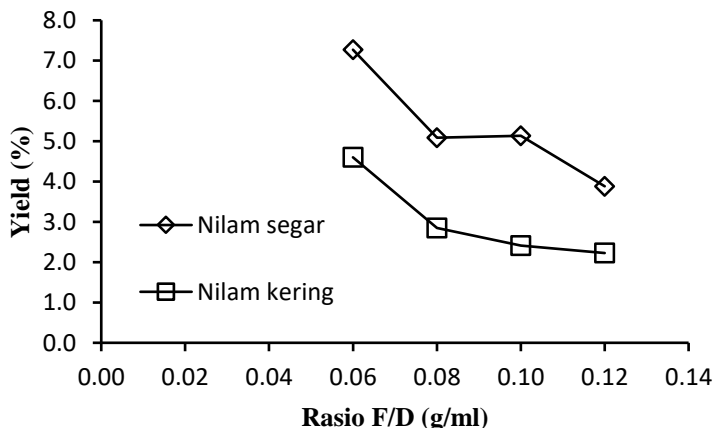
Berdasarkan Gambar IV.9 untuk bahan nilam segar terlihat bahwa rasio massa bahan baku dan *volume solvent* optimum yaitu pada 0,3 g/ml, sedangkan untuk bahan nilam kering yaitu pada 0,4 g/ml. Berdasarkan hasil penelitian secara umum diketahui bahwa rasio F/S 0,3 g/ml dan 0,4 g/ml menghasilkan *yield* yang lebih besar jika dibandingkan dengan rasio F/S 0,5 g/ml dan 0,6 g/ml. Hal ini disebabkan karena dengan rasio F/S 0,5 g/ml dan 0,6 g/ml, massa bahan baku (daun nilam) yang digunakan sudah terlampaui banyak (padat) dan hampir memenuhi labu *distiller*. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit terpenetrasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak atsiri (Guenther, 1987). Selain itu dengan semakin besarnya kepadatan bahan juga mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi semakin lambat. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak nilam yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

Pada penelitian ini, ekstraksi menggunakan *microwave hydrodistillation* dari daun nilam kering berukuran utuh dengan massa bahan sebesar 60 gram dan *volume solvent* 200 ml dengan daya *microwave* 450 W selama 2 jam diperoleh *yield* sebesar 3,43%. Sedangkan pada penelitian Kusuma (2016) juga telah melakukan ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dari daun nilam kering berukuran utuh dengan massa bahan sebesar 60 gram dan *volume solvent* 400 ml dengan

daya *microwave* 400 W selama 2 jam diperoleh *yield* sebesar 1,68%. Berdasarkan data di atas diketahui bahwa dengan daya *microwave* yang tidak berbeda jauh, *yield* hasil penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal yang mempengaruhi perbedaan besarnya *yield* ini adalah *volume solvent* yang digunakan. Penggunaan *volume solvent* sebesar 200 ml diperoleh *yield* yang lebih besar jika dibandingkan dengan *volume solvent* sebesar 400 ml. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan meminimalkan penggunaan *solvent*, proses ekstraksi minyak nilam dapat berjalan lebih cepat dan menghasilkan *yield* yang lebih besar.

IV.2.6 Pengaruh Rasio antara Massa Bahan Baku dengan *Volume Distiller* terhadap *Yield* Minyak Nilam

Pada penelitian ini massa bahan yang digunakan untuk nilam segar dan nilam kering adalah 60, 80, 100 dan 120 gram pada masing-masing variabel ukuran. Massa bahan ini akan mempengaruhi rasio massa bahan per *volume distiller*. Adapun pengaruh massa bahan per *volume distiller* pada *yield* dapat dilihat pada Gambar IV.10.



Gambar IV.10 Pengaruh rasio massa bahan baku dengan *volume distiller* terhadap *yield* menggunakan metode *solvent-free*

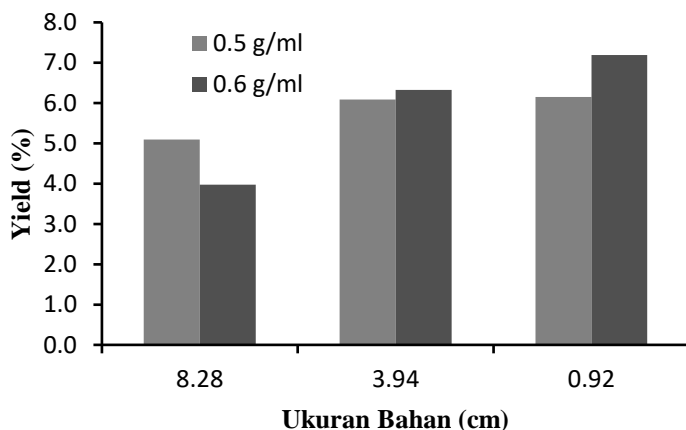
microwave extraction untuk daun nilam segar, daya 300 W dan daun nilam kering, daya 450 W dengan bahan berukuran utuh

Berdasarkan Gambar IV.10 untuk bahan nilam segar berukuran utuh terlihat bahwa semakin besar rasio F/D maka semakin kecil *yield* yang diperoleh. Begitu pula untuk bahan nilam kering berukuran utuh terlihat bahwa semakin besar rasio F/D maka semakin kecil *yield* yang diperoleh. Berdasarkan Gambar IV.10 untuk bahan nilam segar berukuran utuh terjadi sedikit peningkatan *yield* dari rasio F/D 0,06 g/ml ke rasio 0,08 g/ml. Peningkatan *yield* ini terjadi karena pada rasio F/D 0,08 g/ml penataan bahannya lebih teratur jika dibandingkan dengan rasio F/D 0,06 g/ml. Hal ini yang memungkinkan menyebabkan minyak nilam pada rasio F/D 0,08 g/ml menjadi lebih mudah berdifusi sehingga *yield* yang diperoleh menjadi lebih besar apabila jika dibandingkan dengan rasio F/D 0,06 g/ml.

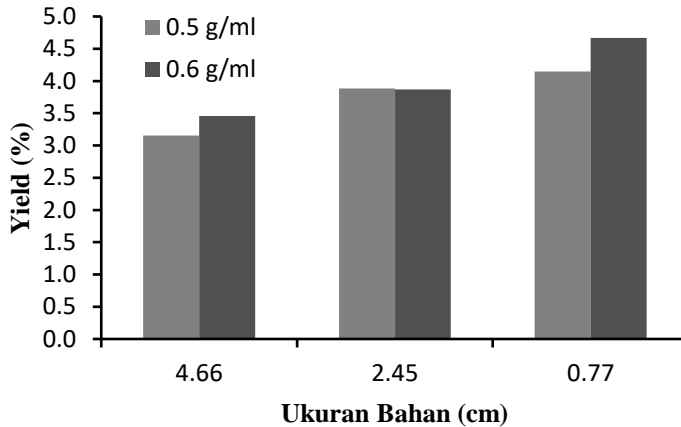
Yield optimum pada bahan nilam segar dan kering berukuran utuh terdapat pada rasio 0,06 g/ml. Hal ini terjadi karena pada rasio terkecil nilam segar dan kering dapat terekstrak dengan baik dengan tingkat kepadatan yang tidak terlalu tinggi. Faktor kepadatan yaitu massa bahan baku (daun nilam) yang digunakan sudah terlampaui banyak (padat) dan hampir memenuhi labu *distiller*. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit berpenetrasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak atsiri (Guenther, 1990). Selain itu dengan semakin tingginya kepadatan bahan juga akan mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi semakin lambat. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak nilam yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

IV.2.7 Pengaruh Ukuran Bahan Baku terhadap *Yield* Minyak Nilam

Pada penelitian ini ukuran bahan yang digunakan untuk daun nilam segar adalah utuh (berukuran $8,28 \pm 1,03$ cm), setengah utuh (berukuran $3,94 \pm 0,82$ cm), dan cacah (berukuran $0,92 \pm 0,12$ cm). Sedangkan untuk daun nilam kering adalah utuh (berukuran $4,66 \pm 1,41$ cm), setengah utuh (berukuran $2,45 \pm 0,56$ cm), dan cacah (berukuran $0,77 \pm 0,21$). Adapun pengaruh ukuran bahan terhadap *yield* terhadap *yield* minyak nilam yang diekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dapat dilihat pada Gambar IV.15 dan IV.16.



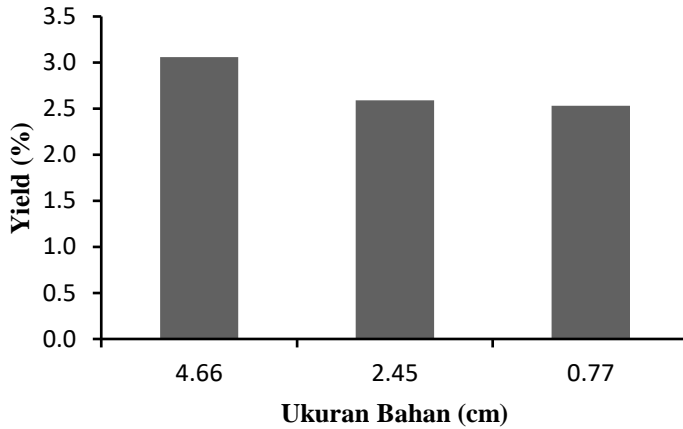
(a)



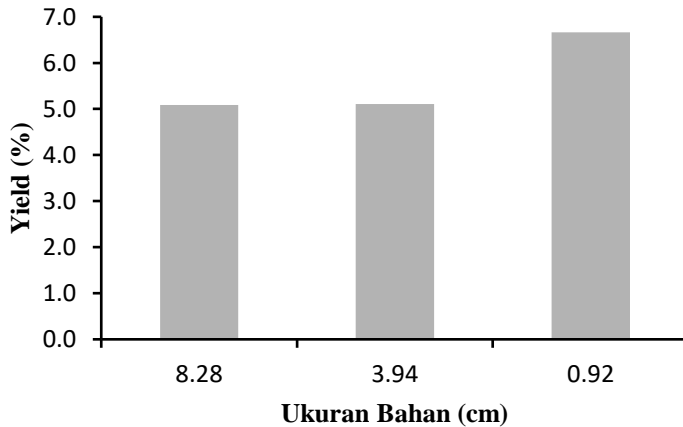
(b)

Gambar IV.11 Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak nilam yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan daya 450 W untuk : (a) daun nilam segar dan (b) daun nilam kering

Berdasarkan Gambar IV.11 (a) untuk bahan nilam segar dengan rasio F/S 0,5 dan 0,6 g/ml dengan semakin kecil ukuran bahan maka semakin besar *yield* yang diperoleh. Begitu pula untuk Gambar IV.11 (b) untuk bahan nilam segar dengan rasio F/S 0,5 dan 0,6 g/ml dengan semakin kecil ukuran bahan maka semakin besar *yield* yang diperoleh. Peningkatan *yield* terjadi seiring dengan semakin kecilnya ukuran bahan, hal ini terjadi karena proses pencacahan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987). Berdasarkan Gambar IV.11 untuk bahan nilam segar dengan rasio F/S 0,5 dan 0,6 g/ml terlihat bahwa ukuran bahan optimum yaitu dengan ukuran cacah.



(a)



(b)

Gambar IV.12 Pengaruh ukuran bahan baku terhadap *yield* menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan daya *microwave* 300 W untuk : (a) daun nilam segar, rasio F/D 0,08 g/ml dan (b) daun nilam kering, rasio F/D 0,06 g/ml

Berdasarkan Gambar IV.12 (a) untuk bahan nilam segar dengan rasio F/D 0,08 terlihat bahwa semakin besar ukuran bahan, maka *yield* akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan proses pencacahan dapat menyebabkan kelenjar minyak dapat menjadi terbuka sebanyak mungkin. Selain itu dengan adanya proses pencacahan, ukuran ketebalan bahan tanaman di tempat terjadinya difusi akan berkurang. Sehingga ketika dilakukan ekstraksi, laju penguapan minyak atsiri dari bahan tanaman menjadi cukup cepat (Guenther, 1987). Berdasarkan Gambar IV.12 (b) untuk bahan nilam kering dengan rasio F/D 0,06 g/ml dengan semakin kecil ukuran bahan maka semakin kecil *yield* yang diperoleh. Hal ini disebabkan oleh faktor kepadatan bahan. Faktor kepadatan yaitu massa bahan baku (daun nilam) yang digunakan sudah terlampaui banyak (padat) dan hampir memenuhi labu *distiller*. Dimana hal ini mengakibatkan uap menjadi sulit berpenetrasi dalam bahan untuk membawa molekul minyak atsiri terdifusi keluar dari bahan. Tingkat kepadatan bahan berhubungan erat dengan besar ruangan antar bahan. Kepadatan bahan yang terlalu tinggi dan tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya jalur uap “*rat holes*” yang dapat menurunkan *yield* dan mutu minyak atsiri (Guenther, 1990). Selain itu dengan semakin tingginya kepadatan bahan juga akan mengakibatkan laju penyulingan atau penguapan minyak atsiri akan menjadi semakin lambat. Hal ini dikarenakan terhambatnya ruang gerak uap untuk bisa menguap menuju kondensor, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya *yield* minyak nilam yang diperoleh dan menurunkan efisiensi penyulingan.

Berdasarkan hasil penelitian ini dengan metode *solvent-free microwave extraction* untuk bahan nilam segar terjadi penurunan *yield* seiring dengan bertambahnya besarnya ukuran bahan, sedangkan untuk bahan nilam kering terjadi peningkatan *yield* seiring dengan bertambahnya besarnya ukuran bahan. Hal ini didukung dengan penelitian Putri dan Dewi (2016). Dimana pada penelitian Putri dan Dewi (2016) telah dilakukan ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan

daun kemangi segar dan daya 380 W serta rasio F/D 0,175 g/ml terjadi penurunan *yield* seiring dengan semakin besarnya ukuran bahan, sehingga ukuran optimum terdapat pada ukuran terkecil. Sebaliknya untuk bahan kemangi kering dengan daya 240 W dan rasio F/S 0,05 g/ml, terjadi peningkatan *yield* seiring dengan semakin besarnya ukuran bahan, sehingga ukuran bahan optimum terdapat pada ukuran terbesar. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian ini, dimana untuk bahan nilam segar, *yield* optimumnya berada pada ukuran cacah. Sedangkan untuk bahan nilam kering, *yield* optimumnya berada pada ukuran utuh.

IV.3 Hasil Analisa Properti Fisik dan Kimia Minyak Nilam

Dalam penentuan kualitas dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan kimia dari minyak nilam yang telah diperoleh tersebut. Pengujian terhadap sifat fisik dari minyak nilam yang diperoleh dengan menggunakan metode metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* dapat dilakukan dengan cara menentukan berat jenis dan kelarutannya.

Sedangkan pengujian terhadap sifat kimia dari minyak nilam dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi komposisi senyawa yang terdapat pada minyak nilam menggunakan GC-MS yang akan dibahas lebih lanjut di Sub-bab IV.3.2. Selain dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tentang kemurnian dan kualitas dari minyak atsiri, dengan cara membandingkan hasil analisa sifat fisik dan kimia dengan data standar mutu ini juga dapat digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pemalsuan terhadap minyak atsiri (Guenther, 1990).

Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dari minyak nilam yang diperoleh menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* yang dapat dilihat pada Tabel IV.3, maka secara umum dapat dikatakan bahwa berat jenis dan kelarutan dalam etanol 90% dari

minyak nilam yang diperoleh tersebut telah sesuai dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E). Kelarutan dalam etanol 90% menyatakan perbandingan volume minyak atsiri dan volume etanol 90% yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak atsiri. Minyak nilam hasil penelitian memiliki kelarutan dalam etanol 90% sebesar 1:9. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas minyak nilam hasil penelitian lebih baik karena berdasar Sastrohamidjojo (2004) semakin kecil kelarutan minyak atsiri pada etanol 90% maka kualitas minyak atsirinya semakin baik. Kelarutan dalam etanol 90% yang lebih kecil ini apabila dibandingkan dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E) disebabkan oleh besarnya kadar *oxygenated compound* yang terdapat pada minyak nilam yang diperoleh. Hal ini dapat diketahui berdasarkan hasil analisa kimia menggunakan GC-MS yang dapat dilihat pada Tabel IV.4 dan Tabel IV.5. *Oxygenated compound* sendiri merupakan komponen yang mudah terlarut dalam alkohol. Sehingga apabila kadar *oxygenated compound* yang terdapat pada minyak nilam semakin tinggi maka dapat menyebabkan minyak nilam yang diperoleh memiliki kelarutan dalam alkohol yang semakin tinggi (semakin mudah larut dalam alkohol dan memiliki kelarutan dalam etanol 90% yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E)).

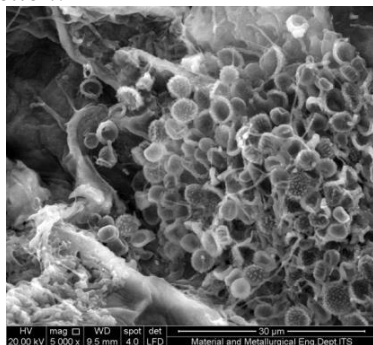
Tabel IV.3 Hasil analisa properti fisik minyak nilam

Properti Fisik	Metode	SNI 06-2385-2006	Hasil Penelitian	ISO 3757 : 2002 (E)	Hasil Penelitian
Berat Jenis (g/ml)	MHD	0,950-0,975 (25°C/25°C)	0,9635±0,0051 (25°C/25°C)	0,952-0,975 (20°C/20°C)	0,9671±0,0051 (20°C/20°C)
	SFME	0,950-0,975 (25°C/25°C)	0,9808±0,0054 (25°C/25°C)	0,952-0,975 (20°C/20°C)	0,9845±0,0054 (20°C/20°C)

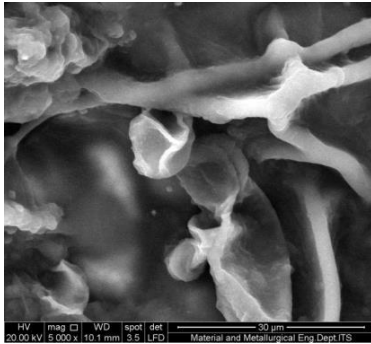
Kelaru tan (dalam etanol 90%)		1:10	1:9	1:10	1:9
---	--	------	-----	------	-----

IV.3.1 Hasil Analisa SEM Daun Nilam

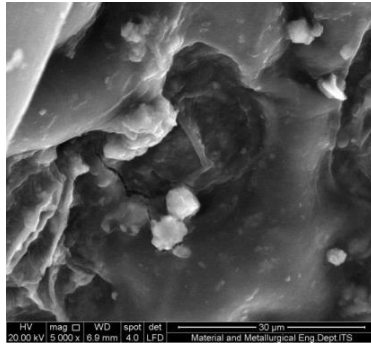
Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan suatu uji yang digunakan untuk menganalisa struktur permukaan bahan. Dalam hal ini bahan yang dianalisa adalah daun nilam kering sebelum dan daun nilam segar dan kering setelah diekstrak dengan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.



Gambar IV.13 Hasil SEM daun nilam sebelum ekstraksi dengan perbesaran 5.000 kali

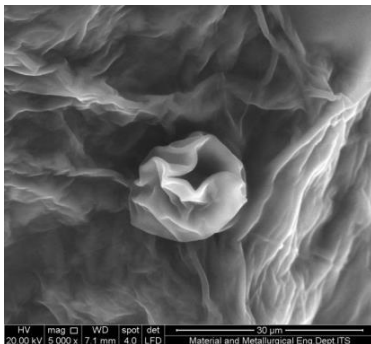


(a)

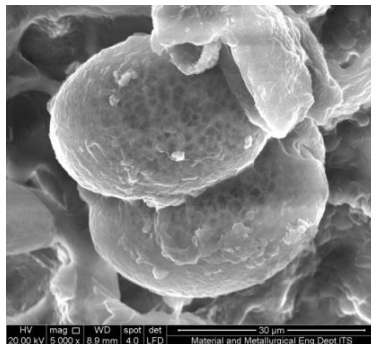


(b)

Gambar IV.14 Hasil SEM daun nilam segar setelah diekstrak menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan perbesaran 5.000 kali untuk (a) nilam segar (b) nilam kering



(a)



(b)

Gambar IV.15 Hasil SEM daun nilam segar setelah diekstrak menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan perbesaran 5.000 kali untuk (a) nilam segar (b) nilam kering

Berdasarkan Gambar IV.13 terlihat bahwa terdapat banyak kelenjar minyak yang masih utuh (bentuk sempurna) pada penampang daun nilam sebelum diekstrak. Berdasarkan Gambar IV.14 terlihat bahwa pada daun nilam segar setelah diekstrak dengan metode *microwave hydrodistillation*, kelenjar minyak

telah terbuka semua sedangkan pada daun nilam kering terdapat kelenjar minyak yang masih utuh. Hal ini disebabkan karena daun nilam segar memiliki massa bahan dengan pengaruh kadar air yang lebih kecil jika dibandingkan dengan daun nilam kering seperti pada tabel IV.1. Dengan massa bahan dengan pengaruh kadar air yang lebih kecil inilah menyebabkan kelenjar minyak pada daun segar lebih cepat terbuka semua jika dibandingkan pada daun nilam kering.

Berdasarkan Gambar IV.15 terlihat bahwa pada daun nilam segar setelah diekstrak dengan metode *solvent-free microwave extraction*, kelenjar minyak telah terbuka semua sedangkan pada daun nilam kering yang telah direndam dengan air, terdapat kelenjar minyak yang masih utuh. Hal ini disebabkan karena saat dilakukan ekstraksi dengan daun nilam segar memiliki jumlah air yang lebih kecil jika dibandingkan dengan daun nilam kering. Jumlah air pada daun nilam segar sekitar 50 ml sedangkan daun nilam kering yang telah direndam sekitar 350 ml. Jumlah air yang jauh lebih kecil inilah yang menyebabkan kenaikan suhu lebih cepat sehingga kelenjar minyak lebih cepat terbuka.

IV.3.2 Hasil Analisa GC-MS Minyak Nilam

Untuk mengetahui komponen-komponen yang terkandung dalam suatu minyak atsiri digunakanlah analisa GC-MS (*Gas Chromatography–Mass Spectrometry*). Dengan analisa ini selain digunakan untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam minyak atsiri juga dapat digunakan untuk mengetahui kadar untuk setiap komponennya. Umumnya hasil ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* sesuai dengan standar kualitas yaitu SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E)). Untuk standar kualitas SNI 06-2385-2006 yaitu kadar patchouli alcohol minimal sebesar 31% dan ISO 3757 : 2002 (E)) minimal sebesar 35%. Komponen patchouli alcohol hasil ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah

sebesar 64,27% untuk bahan segar dan 50,01% untuk bahan kering, sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* sebesar 65,85% untuk bahan segar dan 53,68% untuk bahan kering. Kadar patchouli alcohol hasil penelitian ini, sudah memenuhi standar kualitas SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757 : 2002 (E)).

Komponen fraksi berat pada minyak nilam adalah komponen yang penting. Hal ini dikarenakan komponen fraksi berat yaitu komponen *oxygenated* lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri daripada komponen lainnya (Ferhat *et al.*, 2007). Komponen *oxygenated* yang paling banyak terkandung dalam minyak nilam adalah patchouli alcohol, maka kadar patchouli alcohol sangat berpengaruh. Kadar patchouli alcohol hasil ekstraksi dengan metode *microwave hydrodistillation* adalah sebesar 64,27% untuk bahan segar dan 50,01% untuk bahan kering, sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* sebesar 65,85% untuk bahan segar dan 53,68% untuk bahan kering. Kadar patchouli alcohol pada metode *microwave hydrodistillation* lebih kecil daripada metode *solvent-free microwave extraction*. Hal ini terjadi disebabkan oleh pengurangan efek thermal dan hydrolytic pada metode *solvent-free microwave extraction* jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation* yang membutuhkan waktu dan energi yang besar (Ferhat *et al.*, 2007). Sedangkan untuk kondisi bahan segar kadar patchouli alcohol lebih besar daripada kondisi bahan kering. Hal ini disebabkan oleh pengaruh proses pengeringan pada bahan baku. Proses pengeringan ini dapat menyebabkan adanya komponen minyak atsiri yang menguap (Pirbalouti *et al.*, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian Kusuma dan Mahfud (2015), dilakukan ekstraksi minyak nilam dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan kering selama 126 menit dan diperoleh kadar patchouli alcohol sebesar 26,32%. Sedangkan pada penelitian ini, dengan metode *microwave hydrodistillation* dan kondisi bahan kering diperoleh kadar patchouli alcohol yang

lebih besar dari penelitian sebelumnya yaitu sebesar 50,01%. Kadar patchouli alcohol hasil penelitian lebih besar dari hasil penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan karena bahan baku (daun nilam) memiliki kualitas yang berbeda dan dipengaruhi oleh kesehatan tanaman, tahap pertumbuhan, habitat termasuk iklim, faktor edapik, waktu panen (Figueiredo, *et al.*, 2008; Schmidt, 2010).

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV.4 dan Tabel IV.5 pada minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation*, jumlah komponen yang terkandung sebanyak 44 komponen, sedangkan dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* sebanyak 19 komponen. Berkurangnya jumlah komponen pada ekstraksi dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* ini disebabkan oleh tidak adanya *solvent* pada *distiller* sehingga memungkinkan bahan terbakar sebelum diekstrak akibat panas yang dihasilkan oleh *microwave*.

Pada minyak nilam yang diekstrak dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dari bahan nilam segar, jumlah komponen yang terkandung sebanyak 18 komponen, sedangkan dari bahan nilam kering sebanyak 35 komponen. Sedangkan pada minyak nilam yang diekstrak dengan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dari bahan nilam segar, jumlah komponen yang terkandung sebanyak 12 komponen, sedangkan dari bahan nilam kering sebanyak 16 komponen. Bertambahnya jumlah komponen pada bahan kering ini disebabkan oleh kemungkinan adanya reaksi konversi pada minyak atsiri seperti proses isomerisasi, oksidasi, dehidrogenasi, polimerisasi, dan *thermal rearrangements* yang semuanya dapat terjadi oleh karena adanya panas, cahaya, serta udara (Turek *et al.*, 2013).

Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut dapat digolongkan menjadi beberapa senyawa yaitu *monoterpenes*, *oxygenated monoterpenes*, *sesquiterpenes*, *oxygenated sesquiterpenes*, *other compounds*, dan *other*

oxygenated compounds. Dimana *oxygenated compound* lebih berpengaruh pada aroma minyak atsiri dibandingkan dengan senyawa *monoterpene*. Pada penelitian ini, berdasarkan uji GC-MS diketahui jumlah *oxygenated compound* pada minyak nilam segar dengan metode *microwave hydrodistillation* sebanyak 69,75% dan nilam kering sebanyak 59,43%. Sedangkan pada minyak nilam dengan metode *solvent-free microwave extraction* kondisi bahan segar jumlah *oxygenated compound* sebesar 77,12% dan pada kondisi kering sebesar 58,33%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan metode *solvent-free microwave extraction* minyak nilam dari bahan segar memiliki keunggulan yaitu memiliki kadar *oxygenated compound* paling besar sehingga aroma minyak yang dihasilkan lebih baik. Beberapa hal yang mempengaruhi kadar *oxygenated compound* yaitu :

- terjadi pengurangan efek thermal dan hydrolytic pada metode *solvent-free microwave extraction* jika dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation* yang membutuhkan waktu dan energi yang besar (Ferhat *et al.*, 2007)
- karakteristik bahan (Figueiredo, *et al.*, 2008; Schmidt, 2010)

Berdasarkan hasil penelitian, *yield* yang diperoleh dengan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan segar sebesar 9,575% dan untuk bahan kering sebesar 3,810%. Sedangkan dengan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan segar diperoleh *yield* sebesar 7,270% dan untuk bahan kering sebesar 4,601%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan metode *microwave hydrodistillation* minyak nilam dari bahan segar memiliki keunggulan yaitu dapat memperoleh *yield* yang lebih tinggi daripada dari bahan kering dan metode *solvent-free microwave extraction*. Tetapi aroma minyak yang dihasilkan masih kurang baik jika dibandingkan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan segar.

Tabel IV.4 Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam metode *microwave hydrodistillation*, rasio 0,3 g/ml, daun utuh, dan daya 450 W berdasarkan analisa GC-MS

No.	Compound	Segar		Kering	
		R.T. (min)	% Area	R.T. (min)	% Area
1.	Monoterpenes				
1.	D1-Limonene	-	-	8,60	0,11
2.	α -Terpinolene	-	-	13,91	0,04
3.	Nealloocimene	-	-	15,97	0,34
4.	Sesquiterpenes				
4.	4,7-Methanoazulene,1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-,[1s-(1 α .,4 α ,7 α)]-	14,54	0,34	14,55	1,39
5.	β -Elemene	-	-	14,70	0,58
6.	trans-Caryophyllene	15,06	0,40	15,08	1,71
7.	α -Guaiene	15,29	1,92	15,36	8,46
8.	Seychellene	16,08	0,55		
9.	α -Pateoullene	15,29	1,92	15,44	5,61
10.	(+)-Cycloisosativene	15,56	2,59	15,61	6,00
11.	Caryophyllene-(II)	-	-	15,81	0,40
12.	Azulene,1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]-	-	-	16,10	2,20
13.	7-epi- α -selinene	16,16	2,32	16,23	9,99
14.	Eremophilene	-	-	16,37	0,20
15.	(-)-Tricyclo[6.2.1.0(4,11) undec-5-ene,1,5,9,9-tetramethyl-(isocaryophyllene-II)	17,77	3,07	-	-
16.	(+)-Oxo- α -Ylangene	18,94	0,41	-	-
17.	(-)-Caryophyllene-(II)	-	-	19,79	0,47
18.	Ledene	-	-	20,94	0,10
		-	-	20,74	0,22

No.	Compound	Segar		Kering	
		R.T. (min)	% Area	R.T. (min)	% Area
	<i>Oxygenated sesquiterpenes</i>				
19.	2-Methyl-3-oxime-1-Cyclohexen-3-on	-	-	16,46	0,15
20.	Caryophyllene oxide	17,15	1,59	17,17	1,49
21.	Alloaromadendrene oxide	17,28	0,72	-	-
22.	γ -Casto	-	-	17,33	0,57
23.	Oplopenone	-	-	18,70	0,17
24.	6-Isoprpenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydronaphtalene-2,3-diol	-	-	19,51 20,34	0,11 0,05
	<i>Other compounds</i>				
25.	Trideuteroethene	1,09	13,90	-	-
26.	2-Ethylanthracene	-	-	16,95	0,45
27.	1-isppropenyl-4-methyl-1-(2-methyl-1-propenyl) cyclohexane	-	-	17,04	1,47
28.	Benzene,2,4-diethyl-1-methyl-	-	-	18,94	0,51
29.	Nonox A	19,67	0,53	-	-
30.	Ledene	-	-	19,67	0,30

No.	Compound	Segar		Kering	
		R.T. (min)	% Area	R.T. (min)	% Area
	Other oxygenated compounds				
31.	DL-Alaninol	-	-	1,01	0,18
32.	p-Menth-3-en-9-ol	-	-	14,95	0,57
33.	1-(propen-2-yl)-4-methylspiro[4.5]decan-7-one	-	-	16,89	0,56
34.	β-Elementone	16,95	0,70	-	-
35.	Cyclopentanol,1-(methlenecyclopropyl)	17,02	1,14	-	-
36.	3-Cyclohexen-1-carboxaldehyde,3,4-dimethyl-	17,47	0,33	-	-
37.	1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1ar-(1α,4β,4aβ,7α,7aβ,7bα)]-	-	-	17,49	0,56
38.	Viridiflorol	-	-	17,81	2,97
39.	Patchouli alcohol	18,19	64,27	18,29	50,01
40.	Aristolone	18,59	0,64	18,60	0,97
41.	4,8-Dimethyl-nona-3,8-dien-2-one	18,79	0,36	-	-
42.	(1R)-(+)-Norinon	-	-	18,80	0,35
43.	Iso-α-cedren-15-al	-	-	19,39	0,44
44.	Cyclopropa [5,6]-33-norgorgostan-3-ol, 3',6'-dihydro-, (3β,5β,6α,2.xi.,23.xi)	-	-	19,15	0,28
Monoterpenes			-		0,49
Sesquiterpenes			13,52		37,33
Oxygenated sesquiterpenes			2,31		2,54
Other compounds			14,43		2,73
Other oxygenated compounds			67,44		56,89
Yield			9,575		3,810

Tabel IV.5 Komponen-komponen yang terkandung dalam minyak nilam menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*, rasio 0,3 g/ml, daun utuh, daya 300 W untuk bahan segar dan daya 450 W untuk bahan kering berdasarkan analisa GC-MS

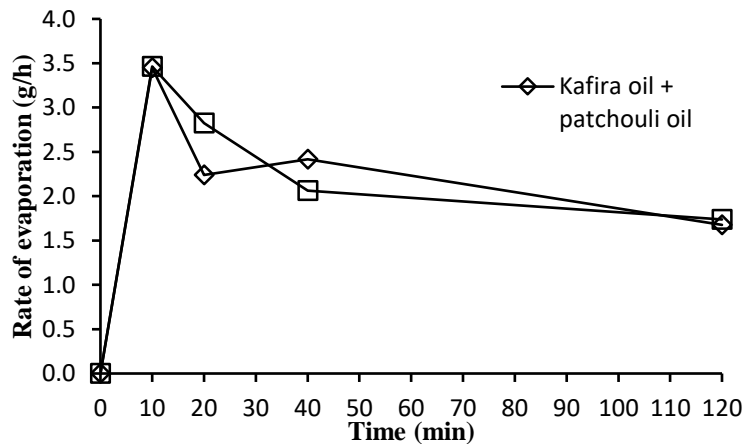
No.	Compound	Segar		Kering	
		R.T. (min)	% Area	R.T. (min)	% Area
1.	Sesquiterpenes 4,7-Methanoazulene,1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-1,4,9,9-tetramethyl-[1s-(1 α .,4 α ,7 α)]-	-	-	14,55	1,70
2.	β -Elemene	-	-	14,70	0,50
3.	trans-Caryophyllene	-	-	15,08	2,18
4.	α -Guaiene	15,29	3,13	15,37	11,26
5.	Seychellene	15,39	4,89	15,44	5,00
6.	α -Pateoullene	15,56	3,45	15,61	6,81
7.	γ -Himachalene	-	-	15,81	0,63
8.	Caryophyllene-(II)	-	-	16,10	2,41
9.	Azulene,1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]-	16,16	3,17	16,23	10,75
10.	Oxygenated sesquiterpenes Caryophyllene oxide	17,15	1,94	17,03 17,16	0,46 0,51
11.	Other compounds Cyclopentane, methyl-	1,45	7,30	-	-
12.	Cyclohexane	1,59	0,94	-	-

No.	Compound	Segar		Kering	
		R.T. (min)	% Area	R.T. (min)	% Area
	<i>Other oxygenated compounds</i>				
13.	DL-Alaninol	1,09	4,19	1,09	0,57
14.	Bioallethrin	-	-	14,95	0,60
15.	2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	16,94	1,04	-	-
		17,02	1,87		
16.	Viridiflorol	-	-	17,80	1,67
17.	Patchouli alcohol	18,15	65,85	18,29	53,68
18.	1-Methylidene-2b-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4a-(3-methylbut-2-enyl)-cyclohexane	17,72	2,23	-	-
19.	7,8-Dihydroxy-4,5-dimethyl-3,4-dihydronaphthalen-1 (2H)-one	-	-	16,89	0,84
<i>Sesquiterpenes</i>			14,64		41,24
<i>Oxygenated sesquiterpenes</i>			1,94		0,97
<i>Other compounds</i>			8,24		-
<i>Other oxygenated compounds</i>			75,18		57,36
<i>Yield</i>			7,270		4,601

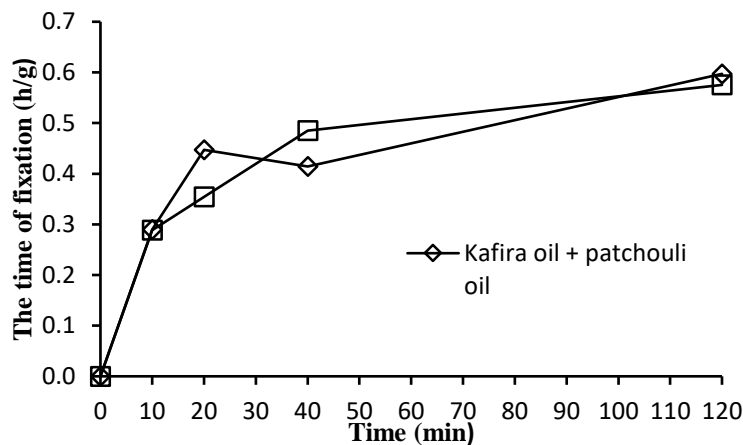
IV.4 Hasil Analisa Fiksatif

Minyak nilam merupakan salah jenis minyak atsiri yang mempunyai fungsi dan kegunaan dalam industri aromaterapi sehingga mempunyai nilai komersil yang menguntungkan. Manfaat dari minyak atsiri adalah sebagai bahan baku, bahan pencampur dan fiksatif (pengikat wangi – wangan) dalam industri parfum, farmasi dan kosmetik (Ketaren, 1985). Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan analisa fiksatif untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan minyak nilam (*patchouli oil*) terhadap laju penguapan dari parfum dan waktu fiksatif dari parfum seperti pada Gambar IV.20 dan IV.21.

Parfum yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jeruk purut (*kafira oil*).



Gambar IV.16 Perbandingan antara laju evaporasi dari minyak jeruk purut terhadap waktu pada minyak jeruk purut yang ditambahkan minyak nilam dan tanpa ditambahkan minyak nilam



Gambar IV.17 Perbandingan waktu fiksatif dari minyak jeruk purut terhadap waktu pada minyak jeruk purut yang ditambahkan minyak nilam dan tanpa ditambahkan minyak nilam

Berdasarkan Gambar IV.16 secara umum terlihat bahwa laju penguapan dari minyak jeruk purut tanpa ditambahkan minyak nilam lebih besar daripada dengan ditambahkan minyak nilam. Berdasarkan Gambar IV.17 secara umum terlihat bahwa waktu fiksatif dari minyak jeruk purut tanpa ditambahkan minyak nilam lebih kecil daripada dengan ditambahkan minyak nilam. Untuk memperjelas fenomena yang terjadi sesuai gambar diatas, maka ditunjukkan Tabel IV.6. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa penambahan minyak nilam dalam minyak jeruk purut dapat mengikat atau mengurangi penguapan dari minyak jeruk purut, sehingga minyak nilam pada penelitian ini memiliki fungsi fiksatif.

Tabel IV.6 Perbandingan antara laju evaporasi dan waktu fiksatif dengan dan tanpa ditambahkan minyak nilam

	Tanpa minyak nilam	Dengan minyak nilam
Laju evaporasi dari minyak jeruk purut (g/h)	$2,0173 \pm 1,3124$	$1,9553 \pm 1,2670$
Waktu fiksatif dari minyak jeruk purut (h/g)	$0,4957 \pm 0,2207$	$0,5114 \pm 0,2239$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* lebih efisien karena hanya membutuhkan waktu 90 menit daripada metode *microwave hydrodistillation* membutuhkan waktu 180 menit.
2. Adapun pengaruh kondisi bahan, metode ekstraksi, lama waktu ekstraksi, daya *microwave*, rasio antara massa bahan baku dengan *volume solvent*, rasio antara massa bahan baku dengan *volume distiller*, dan ukuran bahan baku terhadap *yield* minyak nilam antara lain:
 - a. Ekstraksi dengan bahan nilam segar (kadar air $\pm 90\%$) menghasilkan *yield* yang lebih besar apabila dibandingkan dengan bahan nilam kering (kadar air $\pm 10\%$).
 - b. Ekstraksi minyak nilam menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* secara umum menghasilkan *yield* yang lebih besar dan memerlukan waktu yang lebih singkat apabila dibandingkan dengan metode *microwave hydrodistillation*.
 - c. Semakin lama waktu ekstraksi, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat.
 - d. Semakin meningkatnya daya dari 150-450 watt, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat, akan tetapi dari daya 450-600 W terjadi penurunan *yield*.
 - e. Semakin kecil rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent*, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat.

- f. Semakin kecil rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller*, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat.
 - g. Semakin kecil ukuran bahan baku, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin meningkat.
3. Kondisi operasi optimal untuk ekstraksi minyak nilam dengan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* :
 - a. Untuk ekstraksi daun nilam segar menggunakan metode *microwave hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan utuh, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* 0,3 g/ml diperoleh *yield* sebesar 9,5752%.
 - b. Untuk ekstraksi daun nilam kering menggunakan metode *microwave hydrodistillation*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan cacah, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume solvent* 0,3 g/ml diperoleh *yield* sebesar 5,1029%.
 - c. Untuk ekstraksi daun nilam segar menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 300 W, ukuran bahan cacah, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller* 0,06 g/ml diperoleh *yield* sebesar 8,1650%.
 - d. Untuk ekstraksi daun nilam kering menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*, kondisi operasi optimal diperoleh ketika menggunakan daya *microwave* 450 W, ukuran bahan utuh, dan rasio massa bahan baku terhadap *volume distiller* 0,06 g/ml diperoleh *yield* sebesar 4,6009%.
4. Hasil analisa sifat fisik dan kimia minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction*.

- a. Berat jenis minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* yaitu sebesar $0,9635 \pm 0,0051$ g/ml ($25^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$) dan untuk metode *solvent-free microwave extraction* yaitu sebesar $0,9808 \pm 0,0054$ g/ml ($25^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$).
- b. Kelarutan minyak nilam hasil ekstraksi dengan metode metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* adalah sama yaitu sebesar 1:9.
- c. Kadar patchouli alcohol hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* adalah :
 - Kadar patchouli alcohol hasil ekstraksi daun nilam segar menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* sebesar 65,85% dan untuk metode *microwave hydrodistillation* yaitu sebesar 64,27%
 - Kadar patchouli alcohol hasil ekstraksi daun nilam kering menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* sebesar 53,68% dan untuk metode *microwave hydrodistillation* yaitu sebesar 50,01%
- d. Komposisi minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* berdasarkan hasil analisa GC-MS adalah :
 - Untuk ekstraksi dengan bahan nilam segar menggunakan metode *microwave hydrodistillation* : patchouli alcohol 64,27%; trideuteroethene 13,90%; eremophilene 3,07%; α – Patcoullene 2,59%; α – Guaiene 2,47%.
 - Untuk ekstraksi dengan bahan nilam kering menggunakan metode *microwave hydrodistillation* : patchouli alcohol 50,01%; azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-

- 7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]- 9,99%;
 α – Guaiene 8,46%; α – Patcoullene 6,00%;
 seychellene 5,61%.
- Untuk ekstraksi dengan bahan nilam segar menggunakan metode *solvent-free microwave extraction*: patchouli alcohol 65,85%; cyclopentane, methyl- 7,30%; seychellene 4,89%; DL-Alaninol 4,19%; α – Patcoullene 3,45%.
 - Untuk ekstraksi dengan bahan nilam kering menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* : patchouli alcohol 53,68%; α – Guaiene 11,26%; azulene,1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]- 10,75%; α – Patcoullene 6,81%; seychellene 5,00%;
5. Berdasarkan hasil analisa sifat fisik dan kimia minyak nilam hasil ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dan *solvent-free microwave extraction* telah sesuai dengan standar kualitas SNI 06-2385-2006 dan ISO 3757: 2002 (E)).

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan bahan daun nilam segar.
2. Sebaiknya dilakukan ekstraksi minyak nilam dengan metode lain dan membandingkannya dengan penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asghari, J., Touli, C. K., Mazaheritehrani, M., dan Aghdasi, M., 2012, Comparison of the microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Ferulago angulata* (Schelcht.) Boiss, *European Journal of Medicinal Plants* 2(4), 324-334.
- Anshory, J. A., Hidayat, A.T.. 2009, *Konsep Dasar Penyulingan dan Analisa Sederhana Minyak Nilam*. LPPM Universitas Padjajaran.
- W.-K. Chen, Linear Networks and Systems (Book style). Belmont, CA: Wadsworth (1993) 123–135.
- Ayyobi, H., Pcyvast, G-A., Olfati, J-A., 2014, Effect of drying methods on essential oil yield, total phenol content and antioxidant capacity of peppermint and dill, *Original Scientific Paper*, 51(1), 18-22.
- Bale, A.S., Shinde, N.H., 2013, Microwave assisted extraction of essential oil from lemon leaves, *International Journal of Recent Scientific Research*, 4(9), 1414-1417.
- Bayramoglu, B., Sahin, S., Sumnu, G., 2008, Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano, J, *Food Eng*, 88, 535–540.
- Chan, C-H., Yusoff, R., Ngoh, G-C., dan Kung, FW-L., 2011, Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants, *Journal of Chromatography A*, 1218, 6213–6225.
- Charles, D.J., Simon, J.E., 1990, Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil, *J. AMER. SOC HORT. SCI*, 115(3), 458-462.
- Chen, F., Zu, Y., Yang, L., 2015, A Novel Approach for Isolation of Essential Oil from Fresh Leaves of *Magnolia Sieboldii* using Microwave-Assisted Simultaneous Distillation and Extraction, *Separation and Purification Technology*, 154, 271-280.

- Chen, L., Song, D., Tian, Y., Ding, L., Yu, A., Zhang, H., 2008, Application of on-line microwave sample-preparation techniques, *Trends in Analytical Chemistry*, 27, 151–159.
- Djafar, F., Supardan, M.D., Gani, A., 2010, Pengaruh ukuran partikel, SF rasio dan waktu proses terhadap rendemen pada hidrodistilasi minyak jahe. *Hasil Penelitian Industri*, 23, 48.
- Dalimartha, S. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia. Jilid 2*. Jakarta: Trubus Agriwidya.
- Eskillsson, C.S., Bjourklund, E., 2000, Analytical-scale microwave-assisted extraction, *Journal of Chromatography A*, 902(1), 227-250.
- Fachrudin dan Velayas, A.I. 2016. Ekstraksi Minyak Bunga Cempaka dan Daun Nilam dengan Metode Hidrodistilasi dan Hidrodistilasi dengan Aliran Udara. Skripsi, Teknik Kimia FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ferhat, M.A., Chemat, F., Meklati, B.Y., dan Smadja, J. 2006, An improved microwave cleverger apparatus for distillation of essential oils from orange peel, *Journal of Chromatography A*, 1112, 121-126.
- Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., dan Chemat, F. 2007. Comparison of Different Isolation Methods of Essential Oil from Citrus Fruits: Cold Pressing, Hydrodistillation and Microwave „Dry“ Distillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 22, 494-504.
- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Scheffer, J.J.C., 2008, Factor affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils, *Flavour Fragr J* 23, 213-26.
- Golmakani, M. T., Moayyedi, M., 2015, Comparison of heat and mass transfer of different microwave- assisted extraction methods of essential oil from *Citrus limon* (Lisbon variety) peel, *Food Science & Nutrition* published by Wiley Periodicals, Inc.

- Grieve, M. 2003. *A modern herbal, patchouli*. www.botanical.com
- Guenther, E. 1987. *Minyak Atsiri Jilid I*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Guenther, E. 1990. *Minyak Atsiri, Jilid IVB*. diterjemahkan oleh Ketaren. Jakarta: UIPress.
- Isfaroiny, R., Mitarlis, 2005, *Peningkatan Kadar Patchouli Alcohol Pada Minyak Nilam (Pogostemon cablin Benth) Dengan Metode Distilasi Vakum*, Skripsi Fakultas MIPA UNESA, Surabaya.
- J. Wang, "Fundamentals of erbium-doped fiber amplifiers arrays (Periodical style—Submitted for publication)," *IEEE J. Quantum Electron.*, didaftarkan untuk dipublikasikan.
- Ismuyanto, B., Nirwana, W.A.C., Poerwadi, B., 2013, *Karakteristik Gel Pengharum Ruangan dengan Berbagai Grade Patchouli Alcohol dan Konsentrasi Minyak Nilam*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Jolly, W. M., Hadlow, A. M., 2012, A comparison of two methods for estimating conifer live foliar moisture content", *International Journal of Wildland Fire*, 21, 180–185.
- Ketaren, S. 1985. *Minyak Atsiri: Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka Jakarta.
- Kusuma, H. S., Mahfud, M., 2015, Microwave-assisted hydrodistillation for extraction of essential oil from patchouli (*Pogostemon cablin*) leaves, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 61(2), 82-92.
- Kusuma, H.S., Mahfud, M., 2016, Comparison of conventional and microwave-assisted distillation of essential oil from *Pogostemon cablin* leaves: analysis and modelling of heat and mass transfer, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4, 55-65.
- Kusuma, H.S. 2016. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Kayu Cendana (*Santalum album*) dan Daun Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) dengan Menggunakan Metode Microwave

- Hydrodistillation* dan *Microwave Air-Hydrodistillation*. Thesis, Teknik Kimia FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Li, Y., Fabiano-Tixier, A.S., Vian, M.A., Chemat, F., 2013, Solvent-free microwave extraction of bioactive compounds provides a tool for green analytical chemistry, *Trends in Analytical Chemistry*, 47.
- Liang, H., Hu, Z., Cai, M., 2008., Desirability function approach for the optimization of microwave-assisted extraction of saikosaponins from *Radix bupleuri*, *Separation and Purification Technology*, 61(3), 266-275.
- Lucchesi, M.E., Chemat, F., dan Smadja, J. 2004, Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation, *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327.
- Mandal, V., Mohan, Y., Hemalath, S., 2007, Microwave assisted extraction- an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research, *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7–18.
- Mangun, H.M.S. 2009. *Nilam*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Metaxas, A.C. 1996. *Foundations of Electroheat: A Unified Approach*. New York: Wiley.
- Omidbalgi, R., Sefidkon, F., Kazemi, F., 2004, Influence of drying methods on the essential oil content and composition of Roman chamomile, *Flavour Fragrance Journal*, 19(3), 196-198.
- Pirbalouti, A.G., Mahdad, E., Craker, L., 2013, Effects of drying method on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food Chemistry*, 5, 98.
- Putri, D. K. Y. dan Dewi, I. E. P. 2016. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Kemangi (*Ocimum basilicum L.*) dan Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction* (SFME). Skripsi, Teknik Kimia FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- Raju, G.G. 2003. *Dielectrics in Electric Fields*. New York: Dekker.
- Raynie, D.E. 2000. Extraction, In: *Encyclopedia of Separation Science*, eds. Wilson I.D., Adlard E.R., Cooke M., dan Poolie C.F., Academic Press, San Diego.
- Routray, W., Orsat, V., 2011, Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review, *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 1–16.
- Rusli S., Hasanah, M., 1977, Cara penyulingan daun nilam mempengaruhi rendemen dan mutu minyak, *Pemberitaan Lembaga Penelitian Tanaman Industri XXIV*, 1 – 9.
- Santos, T., Valente, M.A., Monteiro, J., Sousa, J., Costa, L.C., 2011, Elctromagnetic and thermal history during microwave heating. *The Journal of Applied Thermal Engineering*, 31, 3255-3261.
- Santoso, H.B. 1990. *Nilam Bahan Industri Wewangian*. Kanisius: Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Schmitt, E. 2010. Production of essential oils. In Baser, K.H., Buchbauer, G. editor. *Handbook of essential oils*. Science, technology, and applications. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 83-119.
- Spigno, G., De Faveri, D.M., 2009, Microwave-assisted extraction of tea phenols: a phenomenological study, *Journal of Food Engineering*, 93, 210–217.
- Song, J., Li, D., Liu, C., Zhang, Y., 2011, Optimized microwave-assisted extraction of total phenolics (TP) from Ipomoea batatas leaves and its antioxidant activity, *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 12, 282-287.
- Stashenko, E.E., Jaramillo, B.E., dan Martinez, J.R. 2004, Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia Alba* (Mill.) N.E. Brown, Grown in Colombia, and Evaluation of its in

- vitro Antioxidant Activity, *Journal of Chromatography A*, 1025, 93-103.
- Suhirman, S. 2009. *Apilkasi Teknologi Pemurnian Untuk Meningkatkan Mutu Minyak Nilam*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Thostenson, E.T., Chou, T.W., 1999., Microwave processing : fundamentals and application. *The Journal of Composite Part A : Applied Science And Manufacturing*, 30, 1055-1071.
- Turek, C., Stintzing, F. C., 2013, Stability of essential oils: a review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12.
- Wandiatmoko dan Tamba. 2009. *Pengaruh Metode Destilasi Steam Distillation dan Steam-Hydro Distillation terhadap Hasil Kuantitatif dan Kadar Panchouli Alcohol dari Tanaman Nilam*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wang, Y., You, J., Yu, Y., Qu, C., Zhang, H., Ding, L., 2008, Analysis of ginsenosides in *Panax* Ginseng in high pressure microwave-assisted extraction, *Food Chemistry*, 110(1), 161–167.
- Wilhelm, L.R., Suter, D.A., Brusewith, G. H. 2004. Food & Process Engineering Technology. St. Joseph, Michigan: ASAE.

APPENDIKS A

CONTOH PERHITUNGAN

Semua contoh perhitungan dari data variabel nilam kering menggunakan metode *microwave hydrodistillation* pada ukuran $2,45 \pm 0,56$ cm dengan rasio 0,6 g/ml dan daya 450 Watt

1. Perhitungan Yield

Massa bahan	= 120,1561 gram
Massa vial kosong	= 12,1027 gram
Massa vial + minyak	= 15,0227 gram
Massa minyak	= 2,9200 gram
Kadar air	= 19,2619%

$$\begin{aligned}
 \text{yield} &= \frac{\text{massa minyak}}{\text{massa bahan} (1 - x)} \times 100\% \\
 &= \frac{2,9200}{120,1561 (1 - 0,1926)} \times 100\% \\
 &= 3,0099\%
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Berat Jenis Minyak

- a. Menimbang piknometer 5 ml yang akan digunakan menggunakan neraca analitik (W_1)
- b. Memasukkan minyak nilam ke dalam piknometer menggunakan pipet sebanyak 5 ml (V)
- c. Menimbang berat piknometer+ minyak nilam (W_2)

Massa piknometer kosong (W_1)	= 10,4468 gram
Massa piknometer + minyak (W_2)	= 15,2234 gram
Massa minyak (W_m)	= 4,7766 gram
Volume minyak (V)	= 5 ml

Berat jenis minyak nilam (ρ_m) pada suhu 30°C

$$= \frac{W_m}{V} = \frac{4,7766 \text{ gram}}{5 \text{ ml}} = 0,9553 \text{ gram/ml}$$

Nilai koreksi berat jenis minyak nilam dengan perubahan temperatur setiap 1°C masing-masing adalah 0,00073 (Guenther, 1987).

Maka ρ minyak nilam pada temperatur 20°C

$$= 0,9553 + (10 \times 0,00073)$$

$$= 0,9626 \text{ gram/ml}$$

3. Perhitungan Kelarutan

- a. Mengambil minyak nilam dengan menggunakan pipet volume sebanyak 1 ml (V_1) dan memasukkan ke dalam tabung reaksi.
- b. Menambahkan ethanol 90% setiap 1 ml ke dalam tabung reaksi dan mencatat volume ethanol 90% (V_2) yang dibutuhkan untuk melarutkan minyak nilam
- c. Menghitung nilai kelarutan minyak nilam

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

$$V_2 = 9 \text{ ml}$$

$$\text{Kelarutan} = V_1 : V_2$$

$$= 1 \text{ ml} : 9 \text{ ml}$$

$$= 1 : 9$$

4. Perhitungan Laju Penguapan dan Waktu Fiksatif dari Parfum

- a. Sampel tanpa ditambahkan minyak nilam
 - Sebagai parfum digunakan minyak jeruk purut. Memasukkan minyak jeruk purut sebanyak 7,5 ml dengan pipet ukur ke dalam beker glass 100 ml.
 - Memasukkan ethanol 80% sebanyak 42,5 ml dengan pipet ukur ke dalam beker glass 100 ml.
 - Menimbang massa beker glass yang berisi campuran minyak jeruk purut dan ethanol 80% (W_1).
 - Mendinginkan dalam udara terbuka selama rentang waktu 10 menit. Kemudian menimbang lagi massa beker glass (W_2).
- b. Sampel dengan ditambahkan minyak nilam
 - Sebagai parfum digunakan minyak jeruk purut. Memasukkan minyak jeruk purut sebanyak 7,5 ml dengan pipet ukur ke dalam beker glass 100 ml.

- Memasukkan minyak nilam sebanyak 0,6 ml dengan pipet ukur ke dalam beker glass 100 ml.
- Memasukkan ethanol 80% sebanyak 41,9 ml dengan pipet ukur ke dalam beker glass 100 ml (W_1).
- Menimbang massa beker glass yang berisi campuran minyak jeruk purut dan ethanol 80%
- Mendinginkan dalam udara terbuka selama rentang waktu 10 menit. Kemudian menimbang lagi massa beker glass (W_2).

Perhitungan laju penguapan dan waktu fiksatif dari parfum dengan ditambahkan minyak nilam:

Massa beker glass + minyak jeruk purut + ethanol 80% (W_1) = 87,5210 gr

Massa beker glass + minyak jeruk purut + ethanol 80% setelah didiamkan selama 10 menit (W_2) = 86,9464 gr

$$\text{Laju penguapan dari parfum} = \frac{W_1 - W_2}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{87,5210 - 86,9464}{(10 - 0)/60} = \frac{0,5746}{10/60} = 3,4476$$

$$\text{Waktu fiksatif dari parfum} = \frac{1}{\text{Laju penguapan parfum}}$$

$$= \frac{1}{3,4476} = 0,2910$$

APPENDIKS B

DATA HASIL PENELITIAN

Tabel B.1 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan nilam segar

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/ml)	<i>Yield</i> (%)			
			150 W	300 W	450 W	600 W
1	8,28±1,03	0,3	2,5742	10,3151	9,5752	5,7912
2		0,4	-	-	8,3547	-
3		0,5	-	-	5,0937	-
4		0,6	-	-	3,9745	-
5	3,94±0,82	0,3	-	-	6,1284	-
6		0,4	-	-	6,2542	-
7		0,5	-	-	6,0887	-
8		0,6	2,7206	5,3978	6,3268	5,3378
9	0,92±0,12	0,3	1,5914	5,4172	7,6452	5,7506
10		0,4	-	-	6,5486	-
11		0,5	-	-	6,1499	-
12		0,6	-	-	7,1869	-

Tabel B.2 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan bahan nilam kering

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/ml)	Yield (%)			
			150 W	300 W	450 W	600 W
1	4,66±1,41	0,3	0,5820	4,4345	3,8103	2,4921
2		0,4	-	4,1592	4,1869	2,7726
3		0,5	-	3,5476	3,1561	2,5767
4		0,6	-	3,7413	3,4572	3,2639
5	2,45±0,56	0,3	-	3,4836	3,9406	3,9406
6		0,4	-	3,7482	4,1030	3,8141
7		0,5	-	3,3363	3,8852	3,8852
8		0,6	1,2214	2,8134	3,8676	3,0099
9	0,77±0,21	0,3	1,3624	4,3826	5,1029	4,0233
10		0,4	-	4,8507	4,9403	3,9505
11		0,5	-	4,0076	4,1474	4,6289
12		0,6	-	3,5414	4,6684	4,8914

Tabel B.3 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan nilam segar

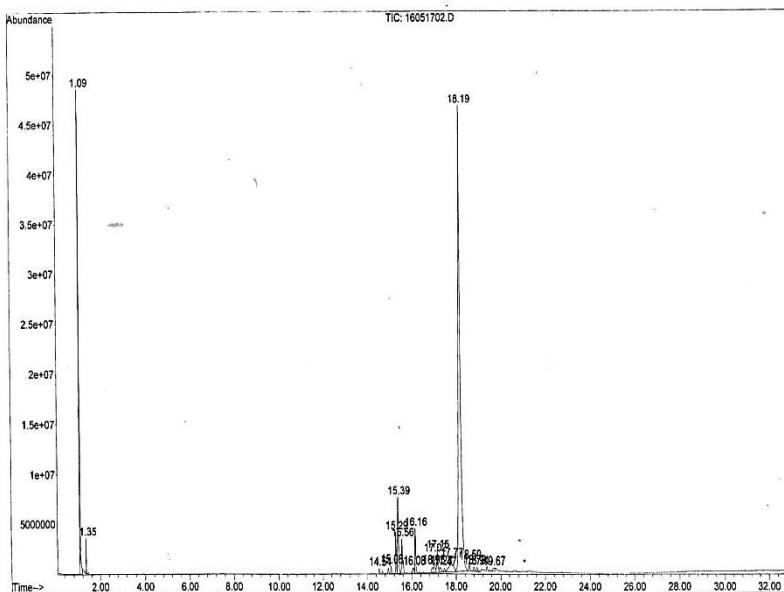
No	Ukuran (cm)	Rasio (g/ml)	Yield (%)			
			150 W	300 W	450 W	600 W
1	8,28±1,03	0,06	1,8373	7,2705	5,2867	6,1225
2		0,08	-	5,0847	-	-
3		0,10	-	5,1321	-	-
4		0,12	-	3,8826	-	-
5	3,94±0,82	0,06	-	5,4596	-	-
6		0,08	-	5,1095	-	-
7		0,10	2,3573	4,8206	6,9485	7,1014
8		0,12	-	3,1338	-	-
9	0,92±0,12	0,06	3,8482	8,1650	6,1815	6,0035
10		0,08	-	6,6607	-	-
11		0,10	-	5,2290	-	-
12		0,12	-	6,1171	-	-

Tabel B.4 Data *yield* hasil percobaan menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan bahan nilam kering

No	Ukuran (cm)	Rasio (g/ml)	Yield (%)			
			150 W	300 W	450 W	600 W
1	4,66±1,41	0,06	0,3756	3,0596	4,6009	3,6829
2		0,08	-	2,3456	2,8525	2,8791
3		0,10	-	2,3566	2,4109	3,2245
4		0,12	-	1,7240	2,2264	-
5	2,45±0,56	0,06	0,6332	2,5912	2,9833	3,7908
6		0,08	-	-	2,3835	-
7		0,10	0,2936	1,5819	1,8289	2,5977
8		0,12	-	-	2,3879	-
9	0,77±0,21	0,06	0,4874	2,5320	3,9630	2,9580
10		0,08	-	-	2,7128	-
11		0,10	-	-	2,5569	-
12		0,12	-	-	2,1962	-

Halaman ini sengaja dikosongkan

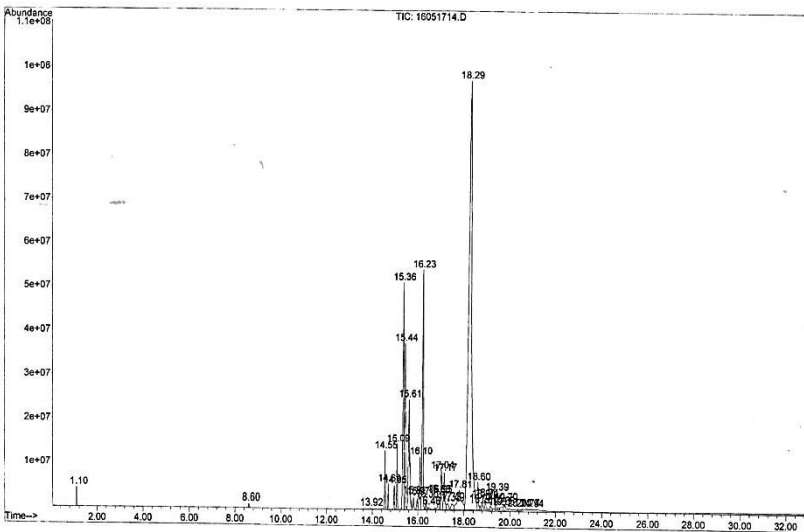
File : C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051702.D
 Operator : tiko
 Acquired : 16 May 2017 14:42 using AcqMethod PROFILE1.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: 5-131
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu
 Vial Number: 1



Retention Time	Nama Senyawa	% Area
18,19	Patchouli alcohol	64,27
1,09	Trideuteroethene	13,90
17,77	Eremophilene	3,07
15,56	α - Patcoullene	2,59
15,29	α - Guaiene	1,92
16,08		0,55

Metode *microwave hydrodistillation*

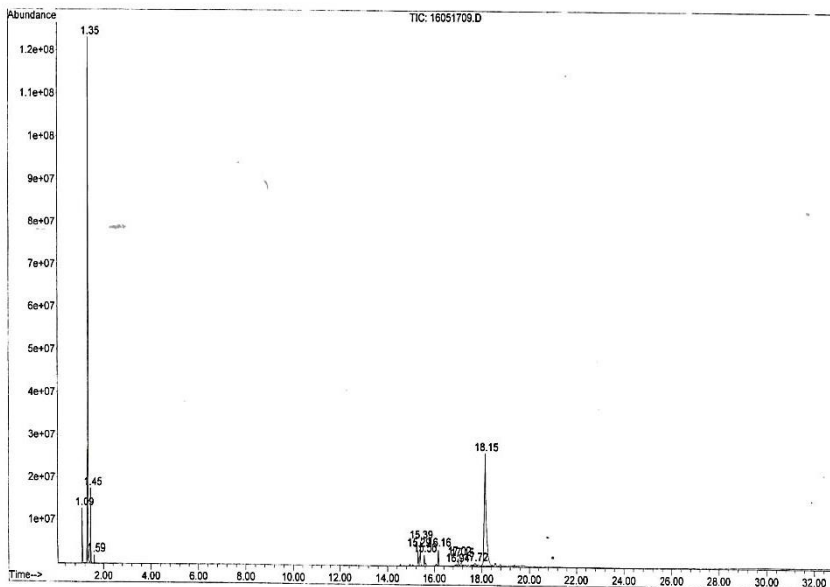
```
File       : C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051714.D
Operator   : tiko
Acquired    : 17 May 2017  15:58      using AcqMethod PROFILE1.M
Instrument   : Instrument #1
Sample Name : 5-130
Misc Info   : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu
Vial Number : 1
```



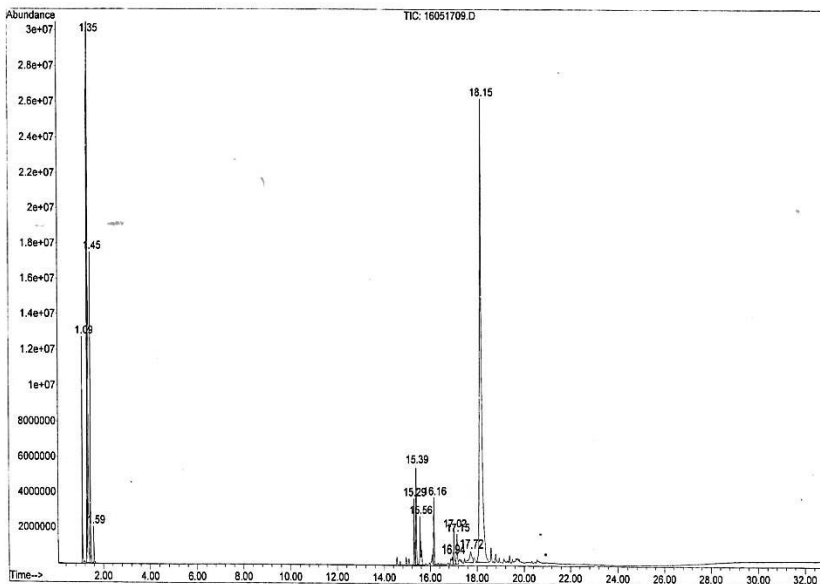
Retention Time	Nama Senyawa	% Area
18,29	Patchouli alcohol	50,01
16,23	Azulene,1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]-	9,99
15,36	α – Guaiene	8,46
15,61	α - Patcoullene	6,00
15,44	Seychellene	5,61

3. Hasil Analisa Komponen Minyak Nilam Segar dengan Metode *solvent-free microwave extraction*

File : C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051709.D
Operator : tiko
Acquired : 17 May 2017 12:05 using AcqMethod PROFILE1.M
Instrument : Instrument #1
Sample Name : 5-132
Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu
Vial Number: 1



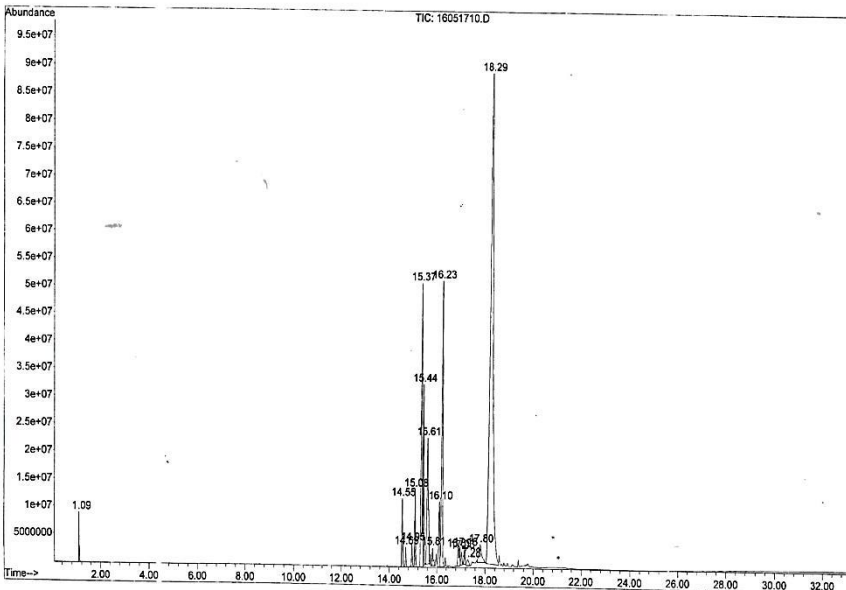
File :C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051709.D
 Operator : tiko
 Acquired : 17 May 2017 12:05 using AcqMethod PROFILE1.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: 5-132
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu
 Vial Number: 1



Retention Time	Nama Senyawa	% Area
18,15	Patchouli alcohol	65,85
1,45	Cyclopentane, methyl-	7,30
15,39	Seychellene	4,89
1,09	DL-Alaninol	4,19
15,56	α - Patcoullene	3,45

4. Hasil Analisa Komponen Minyak Nilam Kering dengan Metode *solvent-free microwave extraction*

File :C:\MSDCHEM\1\DATA\PROFILING\2017\16051710.D
 Operator : tiko
 Acquired : 17 May 2017 12:46 using AcqMethod PROFILE1.M
 Instrument : Instrument #1
 Sample Name: 5-129
 Misc Info : 0.4 ul split 1:100 scan 20-600 amu
 Vial Number: 1



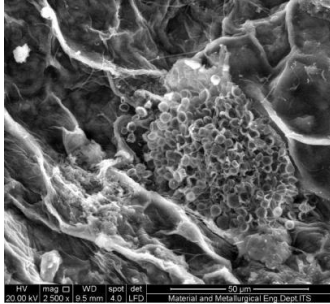
Retention Time	Nama Senyawa	% Area
18,29	Patchouli alcohol	53,68
15,37	α – Guaiene	11,26
16,23	Azulene,1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4,dimethyl-7-(1-methylethenyl)-,[1s-(1 α .,7 α ,8 α . β)]-	10,75
15,61	α - Patcoullene	6,81
15,44	Seychellene	5,00

Halaman ini sengaja dikosongkan

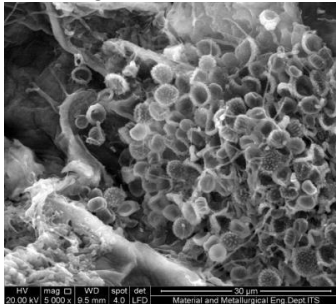
APPENDIKS D

HASIL ANALISA SEM

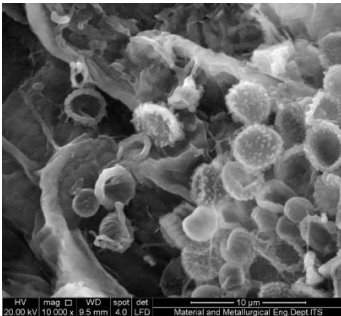
1. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Kering Sebelum Ekstraksi



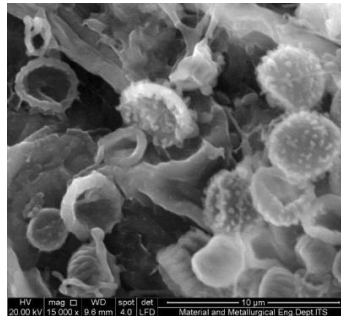
(a)



(b)



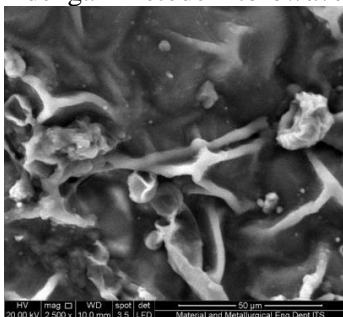
(c)



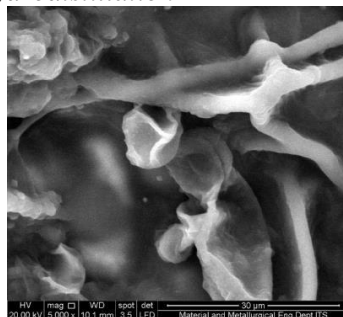
(d)

Gambar D.1 Hasil analisa SEM daun nilam kering sebelum ekstraksi dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

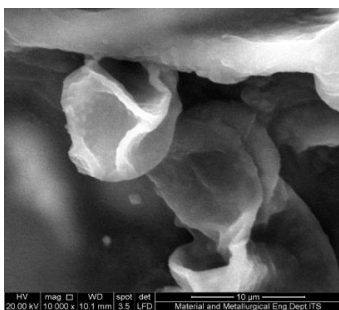
2. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Segar Setelah Diekstrak dengan Metode *Microwave Hydrodistillation*



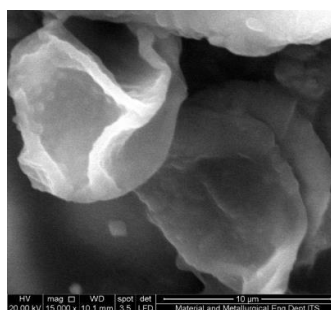
(a)



(b)



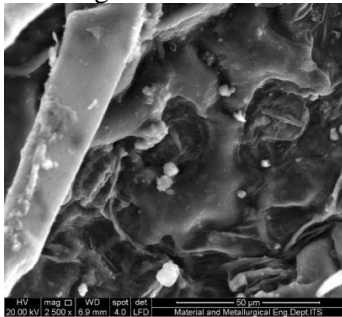
(c)



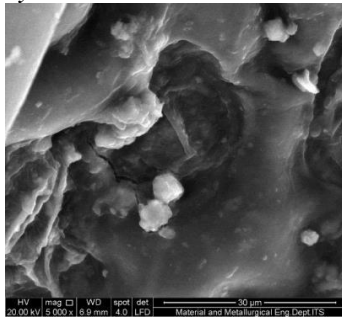
(d)

Gambar D.2 Hasil analisa SEM daun nilam segar setelah ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

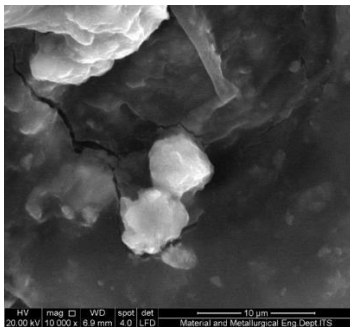
3. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Kering Setelah Diekstrak dengan Metode *Microwave Hydrodistillation*



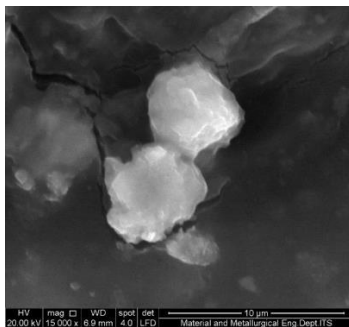
(a)



(b)



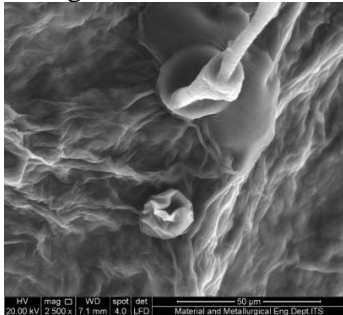
(c)



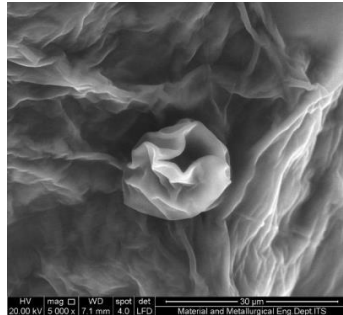
(d)

Gambar D.3 Hasil analisa SEM daun nilam kering setelah ekstraksi menggunakan metode *microwave hydrodistillation* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

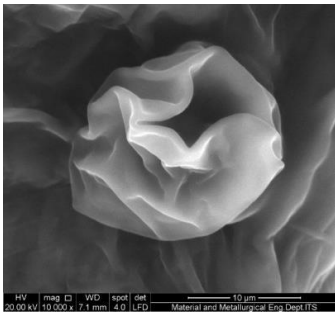
4. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Segar Setelah Diekstrak dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*



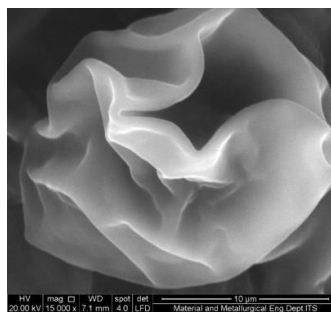
(a)



(b)



(c)



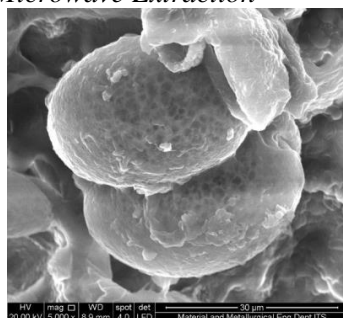
(d)

Gambar D.4 Hasil analisa SEM daun nilam segar setelah ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

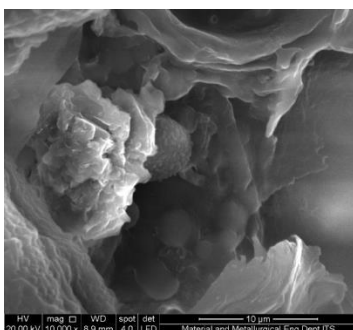
5. Hasil Analisa SEM Daun Nilam Kering Setelah Diekstrak dengan Metode *Solvent-Free Microwave Extraction*



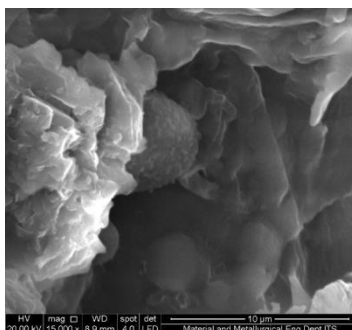
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar D.5 Hasil analisa SEM daun nilam kering setelah ekstraksi menggunakan metode *solvent-free microwave extraction* dengan perbesaran : (a) 2.500 kali (b) 5.000 kali (c) 10.000 kali (d) 15.000 kali

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Jember, 16 Mei 1995. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD pada tahun 2001-2007 di MIHM Lojejer Wuluhan Jember, SMP pada tahun 2007-2010 di SMP Negeri 1 Wuluhan, dan SMA pada tahun 2010-2013 di SMA Negeri 1 Jember. Penulis melanjutkan studi S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan mengambil Jurusan Teknik Kimia.

Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Kristal *Patchouli Alcohol* dari Daun Nilam dan skripsi Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan Menggunakan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*.

Data Pribadi Penulis	
Nama	Mahmud Erfandi Syahputra
Alamat	Dusun Kepel RT 001 RW 008 Desa Lojejer Wuluhan Jember
Email	erfandi1995@gmail.com
Telp	085288798616

RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Malang, 18 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD pada tahun 2002-2008 di SDN Kalirejo 1, SMP pada tahun 2008-2011 di SMP Negeri 1 Lawang, dan SMA pada tahun 2011-2013 di SMA Negeri 1 Lawang. Penulis melanjutkan studi S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dan mengambil Jurusan Teknik Kimia.

Penulis mengerjakan tugas akhir di Laboratorium Teknologi Proses Kimia. Selama proses penulisan tugas akhir penulis membuat Pra Desain Pabrik Kristal *Patchouli Alcohol* dari Daun Nilam dan skripsi Ekstraksi Minyak Atsiri dari Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan Menggunakan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Solvent-Free Microwave Extraction*.

Data Pribadi Penulis	
Nama	Defna Parasandi
Alamat	Jalan Sumber Kembar No. 24 RT 01 RW 15 Kel. Kalirejo Kec. Lawang Kab. Malang
Email	defina.1803@gmail.com
Telp	085790963656